

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Descripción morfohistológica de tres especies de  
plantas altoandinas de Chacas Asunción, Ancash-Perú**

**TESIS**

**Para optar al título profesional de Bióloga con mención en Botánica**

**AUTOR**

**Beatriz Eleadora Roca Ramos**

**ASESOR**

**Asunción Alipio Cano Echevarría**

**Lima-Perú**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi gratitud al Instituto de Investigación Antonio Raymondi (ICBAR), por el financiamiento parcial al proyecto (Estudio nº 0910001161) y al Vicerrectorado de investigación de la UNMSM por el otorgamiento de una beca de pregrado (Estudio nº 0910001161) que permitió finalizar la Tesis. Expreso mis agradecimientos, en especial a mi asesor Magister Asunción Alipio Cano Echevarría, por su gran aporte para el desarrollo de la tesis. Así mismo deseo agradecer a mi coasesora Magister Mery L. Suni Ninataype, por su constante apoyo. A Mónica Arakaki por su ayuda con el abstract, José Roque Gamarra por la elaboración del mapa de las localidades del estudio. Del mismo modo al Profesor Juvenal Amez Silva por su guiado a una de las zonas de muestreo. Al señor Edgar Roca Ramos y a su grupo de guías de alta montaña por permitirme participar en el recorrido para llegar a los demás puntos de colecta. También mis agradecimientos al profesor Manuel Marín Bravo por su orientación en el trabajo de laboratorio. Igualmente agradezco a mi amiga Roxana Castañeda Sifuentes por su ayuda en la estructuración de forma de mi tesis.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a mis queridos  
Padres, al Señor Esteban Roca Obregón,  
Señora Agapita Ramos Romero y a mis  
Hermanos: Ramón, Félix, Pablo, Edgar,  
Oswaldo, Samuel, Cesar, a mí querido hijo  
Alfredo y mi esposo por el apoyo infinito  
para lograr la culminación de la Tesis.

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
<b>III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. HIPÒTESIS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. MATERIALES.....</b>	<b>6</b>
4.1.1. Material biológico: .....	6
4.1.2. Materiales y reactivos químicos .....	6
4.1.3. Equipos e instrumentos:.....	6
<b>4.2. METODO .....</b>	<b>6</b>
4.2.1. Área de estudio:.....	6
A. Ubicación geográfica.....	7
B. Geología .....	8
C. Hidrografía .....	8

D.	Clima.....	9
E.	Suelo.....	9
F.	Vegetación .....	10
4.2.2.	Descripción morfológico .....	12
4.2.3	Descripción histológico .....	13
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1.</b>	<b>ESTUDIOS MORFOLÓGICOS E HISTOLÓGICOS .....</b>	<b>16</b>
5.1.1.	<i>Ranunculus weberbaueri</i> (Ulbr.) Lourteig .....	16
A.	RAÍZ.....	16
B.	TALLO VEGETATIVO SUBTERRANEO .....	17
C.	TALLO FLORÍFERO .....	18
D.	HOJA .....	19
E.	CARACTERÍSTICAS FLORALES .....	21
5.1.2.	<i>Gentianella weberbaueri</i> (Gilg) Fabris .....	34
A.	RAÍZ.....	34
B.	TALLO VEGETATIVO SUBTERRANEO .....	35
C.	TALLO FLORÍFERO .....	36
D.	HOJA .....	36
E.	CARACTERÍSTICAS FLORALES .....	38
5.1.3.	<i>Xenophyllum dactylophyllum</i> (Schultz Bipontinus) V. A. Funk .....	44
A.	RAÍZ.....	44
B.	TALLO VEGETATIVO SUBTERRÁNEO .....	45
C.	TALLO FLORÍFERO .....	46

D.	HOJA .....	47
E.	CARACTERÍSTICAS FLORALES .....	48
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad e Índice estomático de <i>Ranunculus weberbaueri</i> a 40X.....	20
Tabla 2. Densidad e índice estomático de <i>Gentianella weberbaueri</i> , a 40X .....	37
Tabla 3. Densidad e índice estomático de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> , a 40X.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de recolecta. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2. <i>Ranunculus weberbaueri</i> (Ulbr.) Lourteig, en hábitat (A y B). .....	24
Figura 3. Sistema radical de <i>Ranunculus weberbaueri</i> . .....	25
Figura 4. Corte transversal de la raíz de <i>Ranunculus weberbaueri</i> , vista panorámica (A), (B) detalles de la epidermis (E) y parénquima cortical (PC) con 440 aumento. ....	26
Figura 5. Corte transversal de la raíz de <i>Ranunculus weberbaueri</i> , cilindro central que muestra: A) protostela y (B) sifonostela a 432 de aumento. ....	26
Figura 6. Tallo subterráneo (A) y tallo florífero (B) de <i>Ranunculus weberbaueri</i> . .....	27
Figura 7. Corte transversal del tallo florífero de <i>Ranunculus weberbaueri</i> : (A) Vista panorámica y (B) detalles, epidermis (E), hipodermis (H) y parénquima cortical (PC) 440 de aumento. ....	28
Figura 8. Corte transversal del tallo florífero de <i>Ranunculus weberbaueri</i> , has vascular con esclerénquima (A) y sin esclerénquima (B) a 432 de aumento. ....	28
Figura 9. Hoja de <i>Ranunculus weberbaueri</i> : haz (A) y envés (B). .....	29
Figura 10. Estomas de tipo anomocítico de <i>Ranunculus weberbaueri</i> a 442 de aumento. ....	29
Figura 11. Corte transversal de la hoja de <i>Ranunculus weberbaueri</i> : (A) epidermis mesófilo a 440 aumento y (B) haz vascular central a 432 de aumento. ....	30
Figura 12. Corte transversal de la hoja de <i>Ranunculus weberbaueri</i> : haz vascular rodeado de parénquima incoloro indicado por la flecha (A 432 de aumento y B 440) .....	31
Figura 13. Variedad de colores, de las flores de <i>Ranunculus weberbaueri</i> . .....	32
Figura 14. Ginóforo de <i>Ranunculus weberbaueri</i> .....	33
Figura 15. Aquenios de <i>Ranunculus weberbaueri</i> .....	33



Figura 16. <i>Gentianella weberbaueri</i> (Gilg) Fabris, en su hábitat (A y B), detalles de Tallo florífero (C). .....	39
Figura 17. Corte transversal de la raíz, vista panorámica (A) y (B) mostrando cambium Vascular de <i>Gentianella weberbaueri</i> . .....	40
Figura 18. Detalle del (cilindro vascular) de la raíz de <i>Gentianella weberbaueri</i> . .....	40
Figura 19. Corte transversal del tallo de <i>Gentianella weberbaueri</i> (A) detalles de la epidermis (E), colénquima (Co) y parénquima cortical (PC), y (B) tejido vascular floema externo (FE) e floema interno (FI). .....	41
Figura 20. Estoma anisocítico del haz (A) y el envés (B) de <i>Gentianella weberbaueri</i> . .....	41
Figura 21. Corte transversal de la hoja de <i>Gentianella weberbaueri</i> : (A) vista panorámica, y (B) detalle de haz vascular, Xilema en forma de herradura. .....	42
Figura 22. Flor tubulada de <i>Gentianella weberbaueri</i> (A) y (B) ovario con estigma Valvar (O) y anteras (E). .....	42
Figura 23. Fruto: capsula (A) y semillas (B) de <i>Gentianella weberbaueri</i> (Gilg) Fabris .....	43
Figura 24. <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> (Sch. Bip.) V.A. Funk, en hábitat (A y B). .....	49
Figura 25. Raíces fasciculadas-adventicia de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> . .....	49
Figura 26. Corte transversal de la raíz de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> : (A) vista panorámica y (B) detalle de epidermis (E), parénquima cortical (PC). .....	50
Figura 27. Corte transversal de la raíz de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> : (A) formación de cavidad esquizógena (Ce) y (B) protostela (Po). .....	50
Figura 28. Tallo aéreo, con numerosos entrenudos y resto de hojas de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> .....	51
Figura 29. Corte transversal del tallo aéreo de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> : vista general y (B) detalle de cavidad esquizógena. .....	51
Figura 30. Corte transversal del tallo aéreo de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> : Detalles de banda de caspary, indicado por la flecha. ....	52
Figura 31. Estoma de tipo anomocítico del haz y envés de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> . .....	52

Figura 32. Corte transversal de la hoja de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> : vista panorámica (A) y (B) detalle de cavidad esquizógena (Ce) y haz vascular (HV).....	53
Figura 33. Fruto: Un aquenio plumoso de <i>Xenophyllum dactylophyllum</i> .....	53

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudia los caracteres morfohistológicos de los órganos vegetativos y reproductivos de *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig (Ranunculaceae), *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris (Gentianaceae), y *Xenophyllum dactylophyllum* (Schultz Bipontinus) V. A. Funk (Asteraceae), que crecen entre 4400 a 4950 m. Las plantas en estudio son de porte bajo, con raíces fibrosas, adventicias, carnosas y tallos semileñosos con tejidos de reserva. Las hojas pueden ser grandes aunque escasas, con área foliar de 178.58 cm<sup>2</sup> por planta (*G. weberbaueri*), 164 cm<sup>2</sup> por planta (*R. weberbaueri*), y numerosas y pequeñas con área foliar de 216 cm<sup>2</sup> por planta (*X. dactylophyllum*). La densidad estomática en general es alta; mientras que el índice estomático del envés es variable en las especies estudiadas. El número de flores por planta es de 1 a 2 para *R. weberbaueri*, 69 a 361 para *G. weberbaueri*, y de 168 para *X. dactylophyllum*. La raíz de *R. weberbaueri* presenta desarrollo primario y con banda de caspary conspicua, la endodermis con engrosamiento en las paredes radiales. En *X. dactylophyllum* no existe engrosamiento de la endodermis, presentándose un desarrollo secundario incipiente en *G. weberbaueri*. *X. dactylophyllum* presenta una protostela actinostelica, *G. weberbaueri* una sifonostela ectofloemática; y ambos tipos de estela en *R. weberbaueri*. Los tallos subterráneos y aéreos de *X. dactylophyllum*, presentan en el parénquima cortical meatos que posiblemente se transforman en cavidades esquizógenas. Las hojas presentan estructura equifacial en *X. dactylophyllum* y bifacial en *R. weberbaueri* y *G. weberbaueri*, los tres presentan densidad estomática alto y con otras estructuras que evita la perdida de agua por evapotranspiración; parénquima mesófilica bien desarrollada así como el xilema en las tres especies estudiadas.

Palabras claves: Adaptaciones, Morfología, Histología, Histología, Andes, xeromórfica

## ABSTRACT

This work reports the study of morpho-histological characters observed in vegetative and reproductive organs of *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig (Ranunculaceae), *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris (Gentianaceae) and *Xenophyllum dactylophyllum* (Schultz Bipontinus) V. A. Funk (Asteraceae), found at elevations between 4,400 to 4,950 m. The plants under study are low growing; with fibrous, adventitious and fleshy roots, as well as semi-woody stems with storage tissues. The leaves can be few but large, with leaf area of 178.58 cm<sup>2</sup> per plant for *G. weberbaueri*, and 164 cm<sup>2</sup> per plant for *R. weberbaueri*; or they can be numerous and small, with leaf area of 216 cm<sup>2</sup> per plant for *X. dactylophyllum*. The stomatal density is generally high; while the underside stomatal index was found to be variable in the species analyzed. The number of flowers per plant is 1 to 2 for *R. weberbaueri*, 69 for *G. weberbaueri*, and 168 for *X. dactylophyllum*. In *R. weberbaueri* the root shows primary development, with a conspicuous Casparian band, and thickening of the endodermis radial walls. In *X. dactylophyllum* the thickening of the endodermis is not observed, but an incipient secondary development is found in *G. weberbaueri*. *X. dactylophyllum* presents a protostele actinostele, *G. weberbaueri* an ectophloic siphonostele; and *R. weberbaueri* both types of stele. The underground, as well as aerial stems of *X. dactylophyllum* present cortical parenchyma meatuses, which become schizogenous cavities. The leaves present an equifacial structure in *X. dactylophyllum*, and bifacial structure in *R. weberbaueri* and *G. weberbaueri*, the three presented high stomatal density and other structures that prevent water loss through evapotranspiration, mesophilic parenchyma well developed such as the xylem in the three species studied.

Key words: Adaptations, Morphology, Histology, Andes, xeromorphic

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la morfología y anatomía de plantas altoandinas ayudan a comprender las adaptaciones para poder vivir en condiciones climáticas y edáficas muy difíciles. Estas plantas soportan un gran déficit de agua, que se debe en parte a la escasez de precipitación y a la sequía fisiológica por heladas nocturnas durante todo el año. La radiación tanto visible, como la ultra violeta (UV) es intensa a grandes altitudes. Las especies estudiadas muestran un modo diferente de vivir y adaptarse al medio. *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig (Ranunculaceae), es una especie endémica perenne, que habita en laderas rocosas moderadamente húmedas; mayormente se encuentra en pequeños grupos, pocas veces solitaria presentan flores grandes y vistosas. *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris (Gentianaceae), es una hierba endémica bianual que crece en pajonales con suelos ligeramente húmedos, son plantas solitarias, monocárpicas, con inflorescencia de aspecto piramidal y flores pendulares de color rojo oscuro. *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk (Asteraceae), es una hierba que crece en laderas pedregosas y suelos crioturbados, con escasa humedad muy ramificado desde la base, con hojas dispuestas helicoidalmente que cubren el tallo, las flores dispuestas en capítulos, las marginales son blancos y ligulados, las del centro son amarillas y tubulosas.

Dos de las especies estudiadas, tienen usos en la medicina tradicional andina. *Ranunculus weberbaueri* empleada como ornamental y en tratamiento para niños que tienen problemas para hablar, consiste en propiciar golpes suaves en la boca con las flores repitiendo, “habla, habla” por ello afrontan algún grado de amenaza, y *Xenophyllum dactylophyllum* que presenta actividad antihipertensiva, antimicrobiana, contra el soroche y mal de altura (Bravo, *et al*, 2009). Se hace necesario el estudio más detallado, porque es una contribución en ese sentido.

## II. MARCO TEÓRICO

*Ranunculus weberbaueri*, con nombre común de “rima-rima”, es una especie endémica del Perú, que se ha reportado en los departamentos de Ancash, Junín, Huánuco y San Martín (Macbride, 1937) y (León *et al.*, 2007), entre los 4200 y 5000 msnm. Esta categorizada como vulnerable de acuerdo a los criterios de la IUCN (International Union for Conservation of Nature) (León, 2007). Tienen flores grandes y muy llamativas, esta especie se encuentra en parches muy pequeñas a pesar de su hábitat fragmentado y las difíciles condiciones en las que se desarrollan, actualmente la venta ambulatoria de las mismas va en aumento y sin control alguno por las entidades competentes (información obtenida en las zonas de estudio).

*Xenophyllum dactylophyllum*, con nombres comunes: “botón-botón, botoncillo, cunucunu, cuncush, pega-pega”, se caracteriza por encontrarse en suelos crioturbados con escasa cobertura vegetal y son de porte bajo. Es nativa de Bolivia y Perú. En nuestro país ha sido registrado en Ancash, Junín, Ayacucho y Lima, entre 4300 y 4900 msnm, (Ulloa Ulloa, *et al.*, 2004). Es una planta herbácea rizomatosa de 30 a 40 cm de alto, muy ramificada, forma grupos de hasta 40 cm de diámetro. Las hojas dispuestas helicoidalmente cubren el tallo, los capítulos terminales son cortamente pedunculados y presentan dos tipos de flores: flores marginales blancas y liguladas, las del centro son amarillas y tubulosas. Florecen todo el año (Cano, *et al.*, 2006), *Xenophyllum dactylophyllum* presenta actividad antihipertensiva debido a la presencia de escopoletin (7-hidroxi-6-metoxi-cumarina) y antimicrobiana; también tiene propiedad contra el soroche y como sustituto de la coca para la hipoxia de la altura. Los principios activos están presentes en las partes aéreas de las plantas (Bravo, *et al.*, 2009).

*Gentianella weberbaueri*, con nombre común: “pukashagapa” especie endémica de Perú, (Brako et al, 1993), solo conocida en el departamento de Ancash. Se encuentra categorizada como vulnerable según los criterios de la IUCN (León, 2007). Es una planta herbácea bianual, con numerosas flores muy vistosas rojizas, conocida en varias localidades de Chacas-Asunción.

La región altoandina es una región con un nivel elevado de biodiversidad y de endemismos, cuya flora presenta características adaptativas muy especiales a condiciones climáticas extremas, de su hábitat (Pavlich *et al*, 1977). Estas condiciones implican grandes fluctuaciones de temperatura, alta radiación, vientos fuertes y baja humedad atmosférica; factores que disminuyen la tasa de fotosíntesis, limitando la adquisición de recursos para las plantas. También se caracterizan por las bajas temperaturas del aire y el corto período favorable para el establecimiento de plántulas (Molina, *et al*, 2005). De modo que las adaptaciones que presentan las especies de flora están en relación con la economía del agua y la protección contra las bajas temperaturas nocturnas. Así las plantas orientan sus adaptaciones para protegerse del frío y evitar la excesiva transpiración. Estas adaptaciones se expresan en sus caracteres morfohistológicos. Los tallos rastreros o basales no tienen almidón como material de reserva, probablemente éste se almacena de otra forma. Sin embargo éstos le permiten tener una reproducción vegetativa, ventaja adaptativa para las plantas altoandinas debido a la dificultad del establecimiento y sobre vivencia de las semillas bajo sus condiciones de vida (Smith, 1988).

Según Tamariz y Flores (1999), el estudio anatómico de plantas altoandinas demuestra que las especies presentan caracteres morfoanatómicos que reflejan la adaptación a ambientes andino-xeromórficos (Son aquellas zonas andinas que están sujeto a condiciones de escasa humedad y alta radiación), como: hojas con estivaciones revoluta, cutícula y paredes celulares engrosadas, densa pubescencia,

hojas hipostomáticas con abundantes estomas, mesófilo isobilateral en empalizada, espacios intercelulares y con haces vasculares de tipo colateral.

El grosor de la cutícula depende del medio ambiente (Esaú, 2008). Esta cumple función protectora contra la excesiva evaporación y pérdida de agua (Cabrera 1968) causada por la baja presión atmosférica, intensa iluminación y fuertes vientos.

Según (Molina, 2008) las plantas modifican su morfología a lo largo de las gradientes altitudinales como estrategia para mitigar las condiciones climáticas limitantes. Dentro de estas modificaciones, las más comunes son: el área foliar, tamaño del individuo, grosor de las hojas y densidad de estomas. También hay variación en características y tamaño de las células. Debido a la altitud aumenta la radiación fotosintéticamente activa y UV, la presencia de filtros mecánicos, como pelos foliares o filtros fotoquímicos, como pigmentos protectores se ven aumentados. Por lo que en las primeras etapas del desarrollo de las hojas, los tricomas provistos de polifenoles pueden tener una función protectora frente a los daños causados por los radiación UV-B (Esaú, 2008). La pubescencia foliar podría actuar como primera barrera frente a la alta radiación solar (Molina, 2008). Metcalfe y Chalk (1950), reportan tricomas glandulares y no glandulares para las Asteráceas, los cuales tienen considerable valor taxonómico.



### III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

#### 3.1. HIPÒTESIS

Las plantas altoandinas, presentan en su morfología y anatomía caracteres adaptativos andino-xeromórficos.

#### 3.2. OBJETIVO GENERAL

Estudiar las características morfológicas e histológicas de los órganos vegetativos y reproductivos de tres especies de plantas vasculares (Magnoliopsidas), que viven en condiciones microclimáticas extremas en la zona altoandina de Chacas (Asunción, Ancash).

#### 3.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir las características morfológicas vegetativas y reproductivas de tres especies Altoandinas: *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig., *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris y *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk.
2. Describir las características histológicas de los órganos vegetativos de tres especies Altoandinas, *Gentianella weberbaueri*, *Xenophyllum dactylophyllum* y *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. MATERIALES**

#### **4.1.1. Material biológico**

Parte subterránea y aérea de *Ranunculus weberbaueri*, *Gentianella weberbaueri* y *Xenophyllum dactylophyllum*.

#### **4.1.2. Materiales y reactivos químicos**

Los materiales de laboratorio empleados en el presente estudio son: hoja de afeitar, láminas, laminillas, hojas de bisturí, esmalte para uñas, placas petri, frascos de vidrio 300cc y 100cc con tapa hermética, frascos de plástico 500cc con tapa hermética, frascos de vidrio color ámbar, viales, frasco gotero de 50ml color ámbar, probetas de 100cc, tijeras de metal, pinzas de punta fina, estilete, papel lente, papel filtro y papel toalla, entre otros. Los reactivos utilizados son: etanol 100, solución fijadora FAA (Etanol-formaldehído-ácido acético glacial), gelatina glicerada, (colapex en polvo, glicerina pura y fenol), formol 40%, alcohol 96%, ácido acético glacial, glicerina líquida, violeta de cresilo, hipoclorito de sodio, hidróxido de sodio, lugol, Sudan IV y safranina.

#### **4.1.3. Equipos e instrumentos**

Se empleó: cámara fotográfica, global positioning system (GPS), altímetro, equipo de cómputo, microscopio compuesto, microscopio estereoscópico y cámara climática.

### **4.2. METODO**

#### **4.2.1. Área de estudio**

## **A. Ubicación geográfica**

El distrito de Chacas está ubicado en la provincia de Asunción-Ancash, en la vertiente oriental de la Cordillera Blanca y en la sub-cuenca izquierda del río Marañón, forma parte de denominado Callejón de Conchucos, es la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán. Cuenta con una población urbana de 2082 habitantes, ubicada a los 3359 msnm, con georeferencia de latitud 09°09'33.20s y longitud 77°21'51.68s. El distrito posee una extensión territorial de 447.69 km<sup>2</sup>, lo que representa el 85 % del territorio provincial, a una distancia de 503 km de la ciudad de Lima. Cuenta con rango altitudinal desde los 2800 msnm en Upacasha, hasta los 6173 msnm, en el nevado Copa Norte. Se caracteriza por ser bastante accidentada, con abundancia de terrenos montañosos, las elevaciones de terrenos con mayor altitud se dan en el margen occidental del distrito por ser parte de la Cordillera Blanca; las cimas más elevadas son: el Nevado Perlilla con 5586 msnm, localizado al sur; al este el Cerro Huakuy con 4702 msnm y al oeste el Nevado Copa con 6173 msnm.

Se procedió a realizar recolecciones botánicas en el año 2008, (días 11 y 12 del mes de agosto) en la puna de Vesubio cerca de la laguna Atlante situado al oeste de la provincia a los 4700 msnm. La segunda recolecta también se realizó el día 13 de agosto, en la puna de Huichganga por lado sur de la laguna Librón a unos kilómetros del nevado Copa a 4800 msnm, ubicada también al oeste de la provincia. La tercera recolecta se realizó el día 28 de setiembre, en la puna de Huacuy, en la zona conocida como la Huerta rodeada de bosques de *Polylepis* a una altitud de 4200 msnm; esta localidad está situada al este de la provincia. Una cuarta recolecta se realizó entre 16 y 18 de mayo de 2009 en la puna de Huichganga por lado norte de la laguna Librón a 4800 msnm (Figura 1).

## **B. Geología**

La geología y orografía del terreno, se constituye de suelos coluvio-aluvial, fluvio-glaciar y de materiales residuales; de rocas ígneas en su mayoría conformado por granodiorita y tonalita del terciario superior que grada de la era cenozoica, las estructuras geológicas en el área son muy complejas, las formaciones jurasicas y cretáceas están fuertemente plegadas y falladas. Estas deformaciones se deben a la orogénesis andina defines del cretáceo y a los fenómenos subsiguientes de emplazamiento del batolito y al movimiento espirogénico que afectó en general a los Andes (Casana, et al. 2010).

## **C. Hidrografía**

El sistema de distribución de aguas es por esorrentía superficial, provenientes de la desglaciación que atraviesan a algunos áreas de estudio, la red hidrográfica está compuesta por un conjunto de ríos y arroyos que bañan una amplia área geográficas. Existen dos ríos principales que recorren el distrito de sur a norte: El río Arma, que nace en las faldas del Nevado Perilla al sur, y el río Chacapata, que nace en las faldas del Nevado Uta, al oeste. Estos cauces son alimentados por 35 riachuelos a lo largo de su recorrido hasta su unión en Puruytumac, donde toma el nombre de río Acochaca.

El territorio distrital cuenta con 32 lagunas, solo una (Patarcocha) ha sido represada para fines de consumo humano. Las lagunas más importantes son: al oeste Librón, la laguna más grande de la zona oeste con 1.5 km de largo y 300 m de ancho se ubica en la morrena del glaciar Copa y Cancaraca, al sur, Pagarisha y Patarcocha con 4 grupos de lagunas llamadas Runtoqocha ubicadas a 3880 msnm y a 4376 msnm, son las lagunas más cercanas a la ciudad de Chacas, al

este Huakuycocha, un grupo de 4 lagunas ubicadas sobre los 4400 msnm y Ventanilla que es la laguna más grande de la sierra oriental de Ancash, con 2 km de largo y 500 m de ancho.

#### **D. Clima**

A lo largo del gradiente altitudinal, las temperaturas del aire y la precipitación disminuyen con la elevación, los valores de temperatura mínima promedio y la precipitación anual de 6.23°C y 1213 mm para 3100 m de altitud, 4.77°C y 969 mm para 3550 m, -0.02 °C y 789 mm para 4200 m. Datos registrados por (Castillo, 2006). Para esta localidad de estudio no se cuenta con datos climatológicos por no contar con una estación meteorológica. Por lo general las zonas con más de 4700 msnm de altitud se mantienen nubladas con ligeras lloviznas en la mayor parte del día. El territorio distrital presenta, en un día despejado de Julio la temperatura que oscila entre 13° y 26° centígrados como máximo, mientras que la noche la temperatura desciende entre 10° a -2° centígrados.

#### **E. Suelo**

Suelos crioturbados son aquellos sometidos a una secuencia de hielo y deshielo; fenómeno que ocurre diariamente en la parte alta de los Andes tropicales y que provoca el desplazamiento de partículas, modificando su distribución en las capas por grandes extensiones de suelos sueltos de profundidad variable, intercalados con zonas rocoso-pedregosas y afloramientos rocosos. La ocurrencia de nevadas y granizadas es frecuente a lo largo del año, lo que provoca frecuentes fenómenos de crioturbación o geliturbación (hielo y deshielo) (Cano, 2010). Los suelos rocosos, son aquellas zonas con poca presencia de materia orgánica, con musgos, líquenes, otros vegetales y mayor humedad debido al deshielo que

favorece la presencia constante de agua. Los suelos de pajonal en esta zona se caracterizan por poseer escasa materia orgánica y muy poca humedad.

#### **F. Vegetación**

El área de estudio está comprendido por:

- **Vegetación de roquedal.** Se caracteriza por encontrarse en roquedales y zonas pedregosas, cercanas a suelos crioturbados, son zonas con mayor humedad, donde se forma una comunidad vegetal de la especie de *Ranunculus weberbaueri*.
- **Vegetación de pajonal.** Que son bastante frecuente en los alrededores de los suelos crioturbados muestreados, con poca humedad; donde se encontró la especie de *Gentianella weberbaueri*.
- **Vegetación de suelos crioturbados.** En este tipo de suelos sueltos con escasa humedad la comunidad vegetal que se encuentra se caracteriza por presentar especies de porte bajo con escasa cobertura vegetal, como es el caso de la comunidad de especies de *Xenophyllum dactylophyllum*.

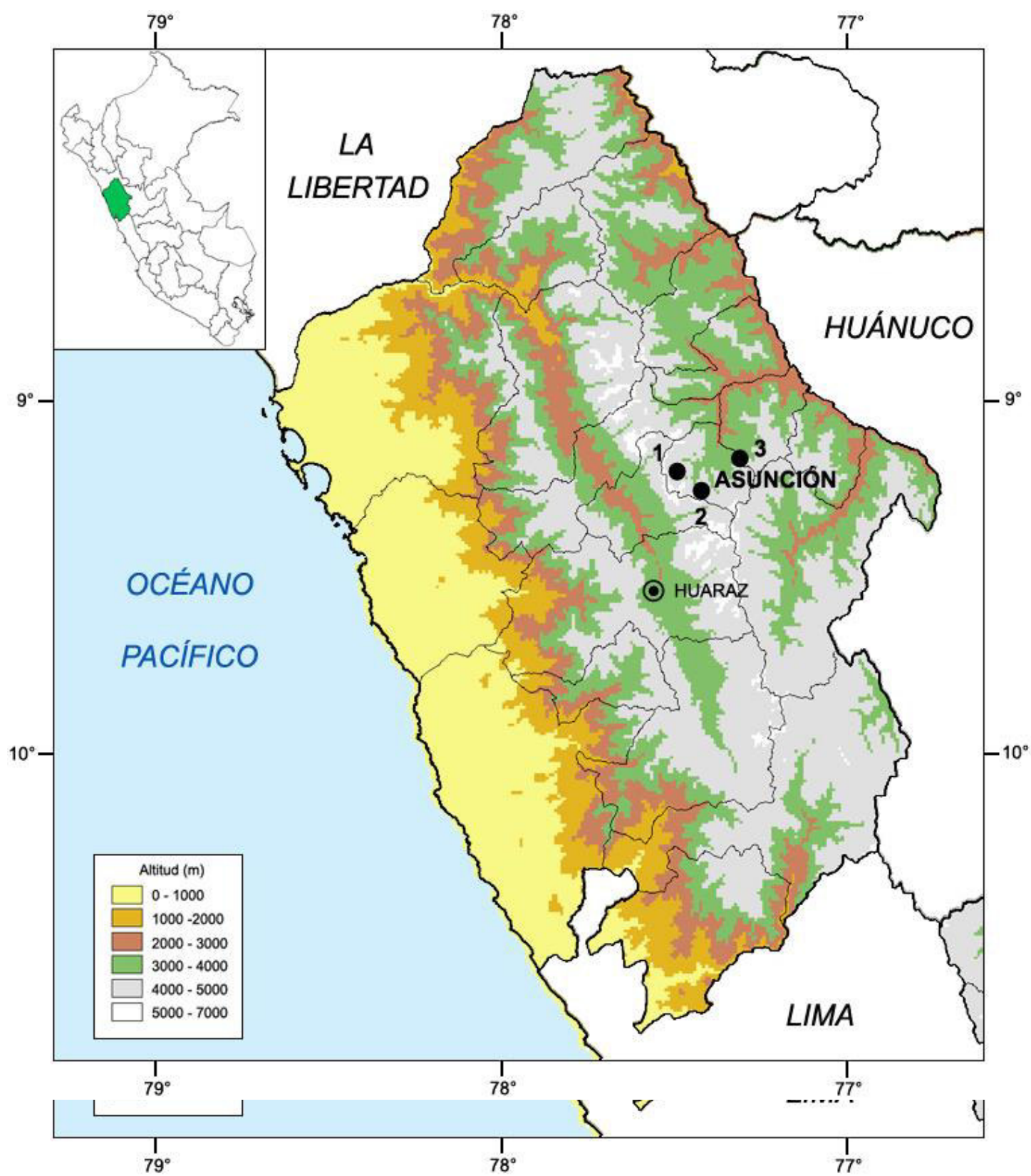


Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de recolecta.

#### 4.2.2 Métodos

Se colectaron plantas completas (raíz, tallo, flores y frutos) para el estudio morfológico, histológico y desarrollo reproductivo de las especies. Además para herbario que sirvió como material de referencia. Para este propósito se empleó técnicas establecidas, como las recomendadas por (Cerrate, 1969). La determinación taxonómica de las especies se realizó mediante claves y descripciones disponibles en la literatura botánica, teniendo como base el trabajo de (Macbride *et al.* 1937), en el departamento de florística por Asunción, Cano.

Estas muestras se depositaron en el Herbario San Marcos (USM) del Museo de Historia Natural Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los ejemplares depositados fueron: USM 247845 *Xenophyllum dactylophyllum*, USM 247846 *Gentianella weberbaueri* y USM 247847 *Ranunculus weberbaueri*.

##### 4.2.2. Descripción morfológica

Las plantas de *Ranunculus weberbaueri*, *Gentianella weberbaueri* y *Xenophyllum dactylophyllum*, se mantuvieron vivas para los estudios del desarrollo reproductivo y morfológico, en una cámara climática a fotoperiodos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad y a un termoperiodo de 12°C en el día y 8°C durante la noche. Esta evaluación duró un máximo de cinco días. A partir de este lapso las plantas entraron a un estado senescente por la deshidratación.

Para el estudio de la raíz se consideró: tipo, número total por planta y el diámetro. Para el tallo: número de ramas totales por planta, entrenudos, diámetro y la longitud. Para las hojas: número total de hojas, área foliar, forma, tamaño,



presencia de tricomas. Para las flores tipo, color, tricomas, número de pistilos, estambres por flor.

Las evaluaciones del área foliar se dieron dibujando las siluetas de 10 hojas sobre el papel milimetrado para hallar el área foliar en cm<sup>2</sup>.

#### **A. Descripción de tricomas**

Se procedió con la diafanización, según D'Ambrosio de Argüeso por la técnica de Foster(1986), cuya función es dejar el material tratado en condiciones tales que, a través de ellos, pueda pasar la luz. Esto se aplicó a la lámina foliar de las plantas en estudio, para lo cual se tomaron ocho hojas maduras, de cada especie, en caso de *Ranunculus weberbaueri* y *Gentianella weberbaueri*, la porción media de la lámina, para *Xenophyllum dactylophyllum*, toda la lámina por tener un tamaño muy reducido. Se sometió a ebullición en etanol de 100 por 15-20 minutos que permite remover la clorofila y otros compuestos orgánicos, repitiendo la aplicación del alcohol según lo requiera la muestra hasta su transparencia, seguidamente añadir el hidróxido de sodio al 5% y dejar hervir por 10-15 minutos (eliminación de taninos, resinas, etc.), luego dejar enfriar y enjuagar con agua destilada repetidas veces y finalmente se coloreó con safranina al 1% en glicerina fenicada y se efectuó las descripciones de las muestras.

#### **4.2.3 Descripción histológico**

Las muestras de raíces, tallos y hojas de *Ranunculus weberbaueri*, *Gentianella weberbaueri* y *Xenophyllum dactylophyllum*, fueron colocadas en frascos de plástico con tapas herméticos que contenían FAA. Posteriormente, luego de 15 días, se hizo el cambio de FAA por alcohol de 70º donde permaneció hasta su estudio.

Se eligió cinco plantas por especie, se cortó en secciones transversales a mano alzada, la cual se aclaró en hipoclorito de sodio al 50% y la tinción se llevó a cabo con Violeta de cresilo. El montaje temporal se llevó a cabo en gelatina glicerada. Las observaciones, y descripciones se llevaron a cabo en un mínimo de 10 láminas por órgano con cortes seleccionados aleatoriamente, empleando un microscopio compuesto a 100 y 400 de aumento. Las microfotografías se obtuvieron con cámara digital (Canon ixus 750 de 7.1 mega pixels).

Se procedió a hallar el índice estomático, por diafanización según la técnica de Ana D'Ambrosio de Argüeso (1986). Se contó el número de estomas y células epidérmicas incluyendo tricomas con la ayuda de un microscopio óptico a 400x de aumento, los valores obtenidos permitieron la obtención del índice de estomas de acuerdo a la fórmula siguiente de (Wilkinson, 1979):

$$IE = \frac{NE}{CE + NE} \times 100$$

Donde,

IE = Índice estomático.

NE = Número de estomas por campo de observación.

CE = Número de células epidérmicas en el campo de observación.

Las técnicas histológicas de D'Ambrosio de Argüeso (1986), han sido modificadas en los diferentes tiempos de aclarados, enjuague y de permanencia en los colorantes, para la obtención de un contraste esperado.

**1. Para la descripción de índice y densidad estomática.** Se aplicó la técnica del:

- **Peeling:** se tomó la porción media de la lámina foliar de las especies en estudio, se introdujo la punta de la aguja hipodérmica apenas por debajo de la epidermis, levantó un trozo pequeño, se tomó con la pinza de puntas finas y se retiró hasta desprenderlo, un mínimo de 4 muestras del haz y envés por lámina foliar, D'Ambrosio de Argüeso (1986).
- **Aclarado:** las muestras se sumergieron en solución de hipoclorito de sodio al 50% por 10 a 15 minutos dependiendo de especie. Posteriormente se enjuagó con abundante agua destilada hasta eliminar todo el hipoclorito, D'Ambrosio de Argüeso (1986).

## V. RESULTADOS

### 5.1. ESTUDIOS MORFOLÓGICOS E HISTOLÓGICOS

#### 5.1.1. *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ranunculales

Familia: Ranunculaceae

Tribu: Ranunculeae

Género: *Ranunculus*

Especie: *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig

Nombre común: “rima-rima”

*Ranunculus weberbaueri*, planta endémica de Perú, morfológicamente, es de consistencia herbácea, perenne que habita en zonas rocosas propiamente dicho y asociados con pajonal, estas zonas son de mayor humedad por constante deshielo, la especie presenta hojas pecioladas, de color verde intenso, palmatihendida de bordes dentado y haz glabro. Las flores grandes, rojas muy vistosas. Se encuentran en condiciones climáticas muy variables como nevada y frecuentes heladas (Figura 2).

#### A. RAIZ

**Morfología.** Las raíces son adventicias de consistencia herbácea y carnosa. El número promedio de las raíces por planta es de 18, con 10-50 cm de longitud, con un diámetro de 25 mm (Figura 3).

**Histología.** Tiene desarrollo primario con una capa externa de células grandes y cúbicas, que corresponde a la epidermis con la pared externa suberificada.

Presenta un parénquima cortical amplio, con células grandes, de paredes delgadas y con grandes espacios intercelulares (Figura 4). Como sustancia de reserva se encontró grandes cantidades de gránulos de almidón, con un promedio de catorce granos por célula, en las cuales los granos más grandes tienen un tamaño de 30  $\mu\text{m}$  y los granos más pequeños 18  $\mu\text{m}$ . El parénquima cortical esta seguido por una endodermis con bandas de Caspary (células que presentan engrosamientos en la parte central de las paredes radiales) en forma de "O". A continuación se ubica el periciclo, que está bordeado directamente en la cara interna por cordones de floema y xilema, frente a las células de floema, presentan una división periclinal de dos células.

El floema (primario) se encuentra a continuación del periciclo de forma irregular. No hay médula central por lo que se tiene protostela de tipo actinostela, que consta de un cilindro central sólido de xilema de forma estrellada con seis y siete polos protoxilemáticos, que alberga floema entre sus radios (Figura 5 A). También se puede encontrar una, sifonostela de tipo ectofloemática, donde el xilema presenta una médula y el floema se presenta únicamente en la parte externa del cilindro de xilema, con seis, ocho y nueve polos protoxilemáticos (figura 5 B). En ambos casos xilema presenta protoxilema y metaxilema distribuidos uniformemente por todo el cilindro central con paredes celulares bien desarrollados.

## **B. TALLO VEGETATIVO SUBTERRANEO**

**Morfología.** Presenta un tallo herbáceo, con entrenudos muy cortos, subterráneo, con longitud promedio de 3.4 cm y diámetro de 20 mm. De superficie oscura, con numerosos nudos de donde brotan las raíces adventicias carnosas y también presentan gran cantidad de tricomas. La parte apical brotan numerosas hojas y un tallo

florífero anual. Este tipo de tallos son porciones cortas que se desarrollan a unos centímetros debajo del suelo, como generadoras de hojas, tallos aéreos y posiblemente como almacenadores de sustancia de reserva (Figura 6 A).

**Histología.** Presenta un desarrollo primario, la epidermis es gruesa, y pluriestratificada con células grandes alargadas, con cutícula de 95  $\mu\text{m}$ . Por debajo se ubica el córtex, muy amplio con células grandes de forma isodiamétricas con paredes delgadas y grandes espacios intercelulares, encontrándose rastros de raíces adventicias, se evidencia el cambio de agrupamiento en los haces conductores debido a los órganos que sostiene, también presenta poca cantidad de almidón como sustancia de reserva. Haz vascular presenta una disposición discontinua, formando fascículos de haces conductores de tipo colateral. Por la presencia de parénquima medular y la discontinuidad de los haces conductores se denomina sifonostela de tipo ectofloemática; donde el floema se presenta únicamente en la parte externa del cilindro de xilema. A continuación se ubica xilema en fascículos desordenados, con pared celular bien desarrollada, terminando con parénquima medular conformado por células grandes, isodiamétricas con paredes gruesas, formando grandes espacios intercelulares.

### **C. TALLO FLORÍFERO**

**Morfología.** Presenta un eje único de hábito herbáceo, con una longitud promedio de 22 cm y un diámetro de 6.7 mm, posee entrenudos a lo largo del tallo hay presencia de tricomas y hojas de menor tamaño que la parte basal. En los tallos adultos la parte medular es hueco mientras que en tallos jóvenes poroso. Con floración anual, en mayor abundancia entre mayo y agosto el resto del año con menor número de flores (figura 6 B).

**Histología.** Presenta desarrollo primario. La epidermis es uniestratificada con cutícula gruesa de 93  $\mu\text{m}$ , que se tiñe de rojo con Sudan IV. Por debajo se ubica la hipodermis, seguido por el córtex, que es amplio, con células grandes y presencia de grandes espacios intercelulares (Figura 7).

El cilindro central presenta un sistema vascular discontinuo, que se disponen en torno a la medula, de manera ordenada. El tejido vascular es de tipo colateral abierto, con el xilema en el lado interno y floema en el externo. Floema se observa un sistema vascular disperso en grupos acompañado o no de esclerénquima, seguida de células cambiales a continuación se ubica xilema en fascículos conformado por vasos protoxilemáticos hacia la parte externa y vasos metaxilemáticos hacia interior, terminando con parénquima xilemático con paredes delgadas sin espacios intercelulares (Figura 8).

La médula está conformada por células parenquimáticas grandes, isodiamétricas, con paredes delgadas, formando grandes espacios intercelulares. Los espacios intercelulares abarcan desde la hipodermis hacia la parte medular donde los espacios son más grandes.

#### **D. HOJA**

**Morfología.** Las hojas son pecioladas, ascendentes, palmatihendidadas y palmatinervias. Presentan haz glabro de color verde oscuro, el envés de color verde claro con tricomas simples, (Figura 9), miden, en promedio, 178 mm de longitud (incluyendo pecíolo, y lámina). El pecíolo llega a medir hasta 25 cm de largo por 15 mm de ancho. El número de hojas por planta, durante la floración, es en promedio siete, con una estimación del área foliar de 164  $\text{cm}^2$ .

**Histología.** En los cortes superficiales de la lámina foliar las células estomáticas se disponen de manera desordenada rodeada de 4-7 células anexas en el haz y mientras en el envés están rodeadas de 4-6 células anexas. Las estomas son de tipo anomocítico, en el que las células estomáticas están rodeadas por un cierto número de células que no difieren en forma y tamaño de las restantes células epidérmicas (Figura 10). La densidad estomática en haz es de 36 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 10% y 5531 número de células epidérmicas. En el envés presenta 43 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 7% y 4135 células epidérmicas. Los tricomas son simples con un pie corto, multicelular y uniseriado, formado de 8-10 células grandes alargadas, sobre éste se prolonga una célula muy larga sin protoplasma. Además se encontró 33 estomas/mm<sup>2</sup> en la superficie adaxial del cáliz y 3 estomas/mm<sup>2</sup> en la superficie abaxial, la superficie adaxial de la corola presenta 18 estomas/mm<sup>2</sup> (Tabla 1).

Tabla 1. Densidad e Índice estomático de *Ranunculus weberbaueri* a 40X.

	Superficie adaxial	Superficie abaxial
<b>Densidad de estomas (mm<sup>2</sup>) en hojas</b>	36	43
<b>Densidad de estomas (mm<sup>2</sup>) en cáliz</b>	33	3
<b>Densidad de estomas (mm<sup>2</sup>) en corola</b>	18	0
<b>Número de estomas</b>	444	457
<b>Número de células epidérmicas</b>	5531	4135
<b>Índice estomático (%)</b>	10	7

En los cortes transversales de la lámina foliar, la epidermis, presenta una capa de cutícula gruesa 77 µm. Las células epidérmicas son grandes, unidas estrechamente y de tramo en tramo interrumpidas por los aparatos estomáticos, que se hallan un poco levantadas por encima de la superficie con células oclusivas de paredes gruesas, tanto en el haz como el envés.



El mesófilo presenta un parénquima clorofiliano conformado por varias capas de células en empalizada, las primeras capas desde la superficie adaxial hacia abaxial son compactas, y las siguientes están separadas por escasos espacios intercelulares, seguido por un parénquima esponjoso con células isodiamétricas, que dejan entre si grandes espacios intercelulares (Figura 11 A).

Presenta haces vasculares colaterales, donde el floema se ubica hacia el envés y el xilema al haz de la lámina (Figura 11 B). En la nervadura media, el haz vascular está rodeado por parénquima incoloro, de células isodiamétricas, que se prolonga hasta la epidermis abaxial.

El xilema está conformado por vasos metaxilemáticos con paredes celulares bien desarrolladas, acompañados de parénquima xilemático de células isodiamétricas con paredes delgadas, continuado por un parénquima incoloro. El floema está dispuesto en grupos cerca al parénquima esponjoso, todo el haz vascular está rodeado por parénquima incoloro de forma isodiamétrica (Figura 12 A y B).

La nervadura central, presenta epidermis uniestratificada, seguida por colénquima angular y continuada por el haz conductor. El xilema está acompañado por parénquima xilemático y finalmente por floema. Tanto el xilema como floema están rodeados por células de parénquima incoloro, que se prolonga hasta la epidermis del haz y seguida de parénquima esponjoso hacia la epidermis del envés.

## **E. CARACTERÍSTICAS FLORALES**

**Morfología.** Presenta flores grandes y vistosas de variadas tonalidades de rojo a amarillo-verdoso, con una disposición axilar. Generalmente se encuentra una flor por planta, raras veces se presenta dos (Figura 13). El perianto está conformado de un

cáliz, con cinco sépalos obovado-espátulado, de colores variables. Los sépalos miden 43-60 mm de largo con 17-40 mm de diámetro, poseen abundantes tricomas en el haz.

Los pétalos tienen forma espátulada, comúnmente de 5-8 por planta, de colores muy vistosos que varían de amarillo-verdoso a fucsia-intenso. Mide de 33-55 mm de largo con 25-57 mm de diámetro, terminando en una uña de 17-24 mm de largo con 4-7-14 mm de ancho. En la base cuneada de los pétalos se encuentran escamas con glándulas nectaríferas que producen abundante néctar en la etapa de flor abierta hasta la senescencia. Las anteras son de color amarillo intenso, bitecadas basifijas con dehiscencia longitudinal y presentan una membrana transparente en la parte dorsal desde la zona de inserción hasta el ápice. El número promedio de estambres por flor es de 300, con longitud promedio de 5-11 mm. De las muestras colectadas en agosto de 2009, se tiene un número promedio de 345 estambres por flor, con longitud del filamento de 6.7 mm, y longitud de teca de 2.9 mm. Mientras que las de mayo del mismo año, tienen un número promedio de 323 estambre por flor con 6 mm longitud del filamento y antera de 2.9 mm longitud.

El gineceo es apocárpico con pistilos de color verde oscuro, sobre un ginóforo de color rojo intenso en todas las flores (Figura 14). El promedio de pistilo por flor es de 442. El ovario termina en un estigma sésil. La flor en antesis presenta pistilo de 1.6 mm longitud, con 0.5 mm de diámetro (a nivel del ovario), en flor madura de 2.6 mm con 1.1 mm de diámetro y flor en senescencia con 2.7 mm, con 1.5 mm de diámetro. El ovario es unilocular y uniovular, por lo que el número de óvulos por planta es igual al de pistilos (442).

Fruto es un aquenio de color verde oscuro a guinda que se dispersa apenas senecen los pétalos: con un promedio de 2.7 mm de largo y 1.5 mm de diámetro (Figura 15). El número promedio de semillas por flor y por planta es 280 (los 162 restantes son

abortivas) con diámetro de 1.3 mm y una fertilización efectiva de 63 %. De las muestras colectadas en 2009 se obtuvo un promedio de 1015 óvulos y de 769 semillas por flor que equivale al 76% de los óvulos fertilizados y 246 óvulos abortivos, lo que corresponde al 24% del total.

Se ha encontrado individuos con anomalías florales, como estambres ubicados en dos niveles, por debajo y encima de los pistilo; así como los pétalos en el nivel superior a los pistilos, en este tipo de flores los pétalos llegan a un número de 11 unidades por flor. Hay presencia de afidos en abundancia en los nectarios, estambres dehiscentes y pistilos, con grandes cantidades de granos de polen en todo su cuerpo.



Figura 2. *Ranunculus weberbaueri* (Ulbr.) Lourteig, en hábitat (A y B).





Figura 3. Sistema radical de *Ranunculus weberbaueri*.



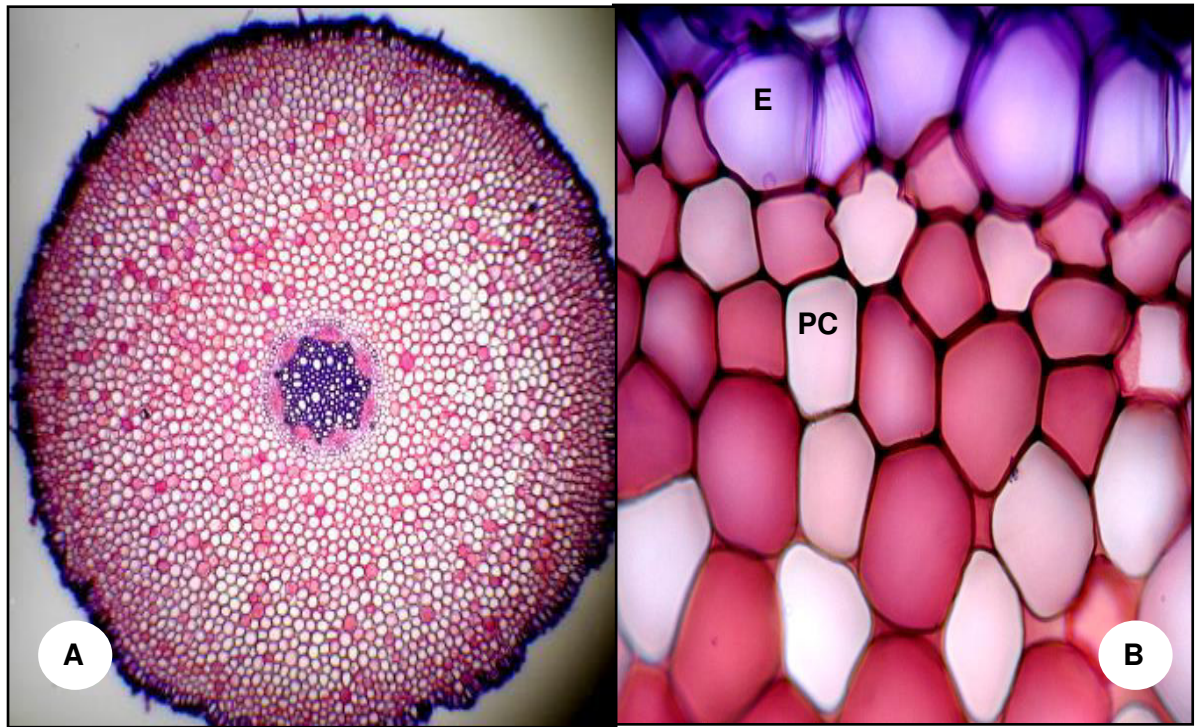


Figura 4. Corte transversal de la raíz de *Ranunculus weberbaueri*, vista panorámica (A), (B) detalles de la epidermis (E) y parénquima cortical (PC) con 440 aumento.

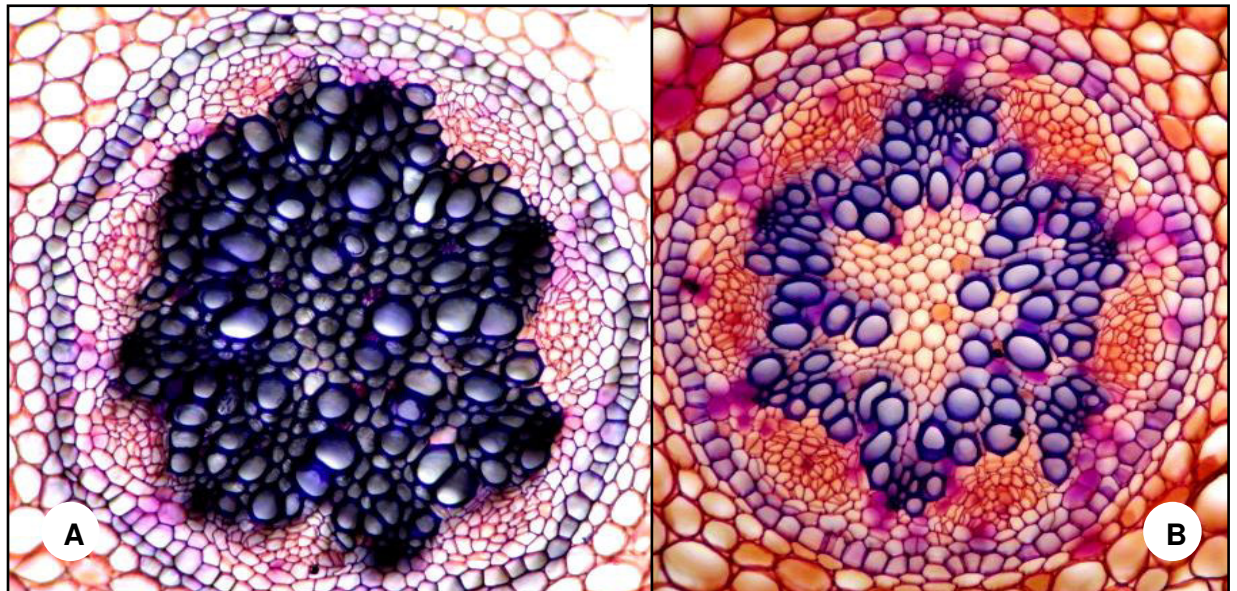


Figura 5. Corte transversal de la raíz de *Ranunculus weberbaueri*, cilindro central que muestra: A) protostela y (B) sifonostela a 432 de aumento.



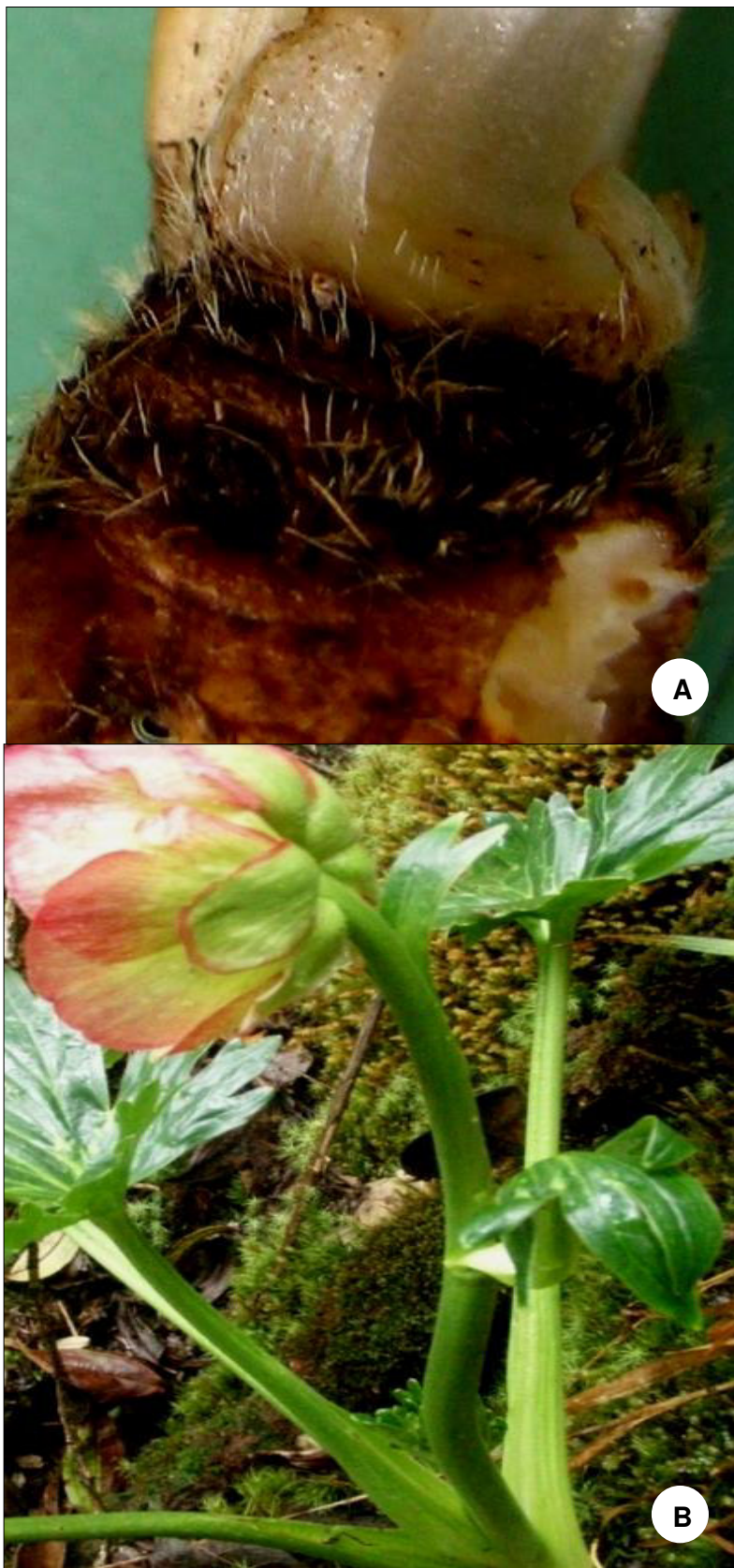


Figura 6. Tallo subterráneo (A) y tallo florífero (B) de *Ranunculus weberbaueri*.

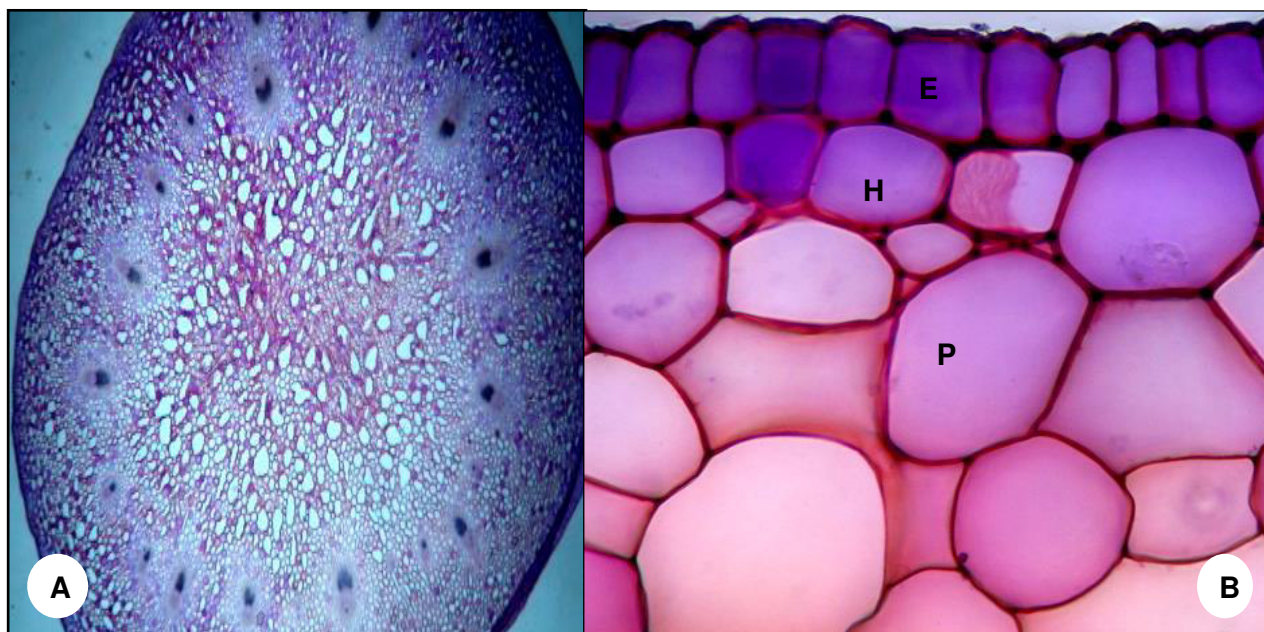


Figura 7. Corte transversal del tallo florífero de *Ranunculus weberbaueri*: (A) Vista panorámica y (B) detalles, epidermis (E), hipodermis (H) y parénquima cortical (PC) 440 de aumento.

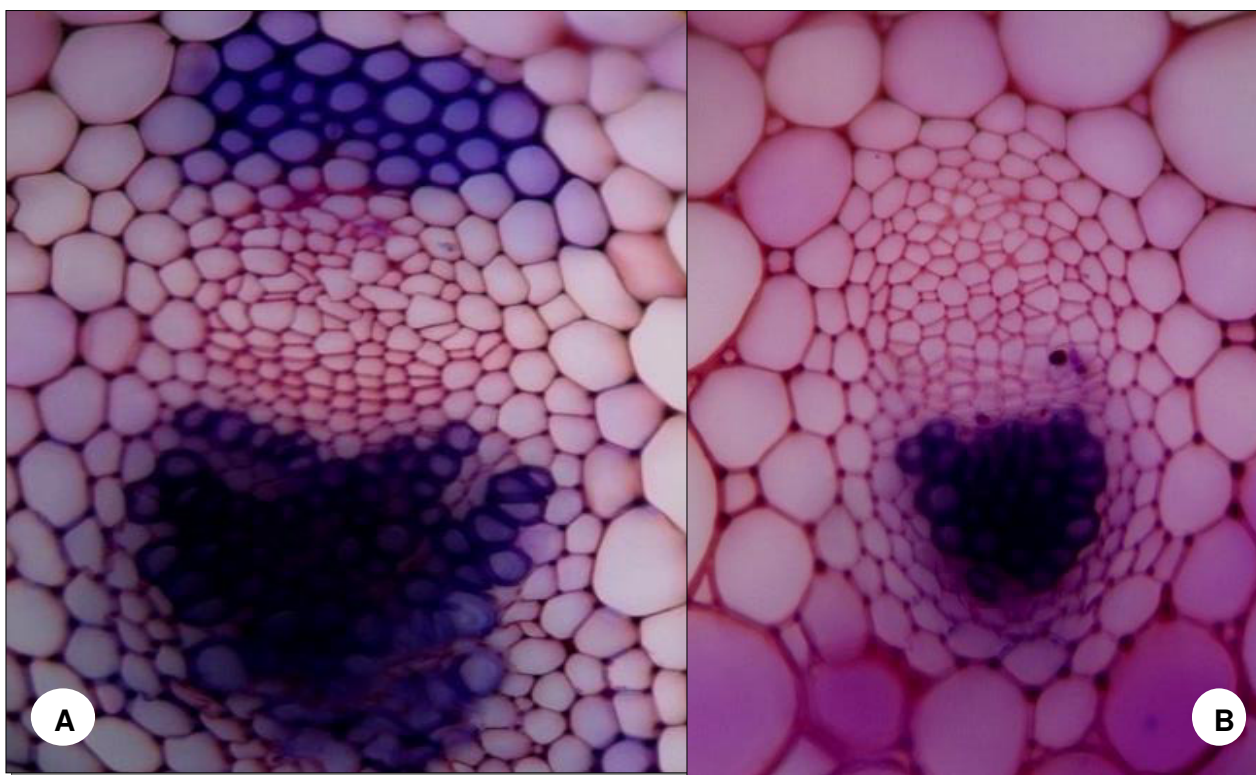


Figura 8. Corte transversal del tallo florífero de *Ranunculus weberbaueri*, has vascular con esclerénquima (A) y sin esclerénquima (B) a 432 de aumento.





Figura 9. Hoja de *Ranunculus weberbaueri*: haz (A) y envés (B).

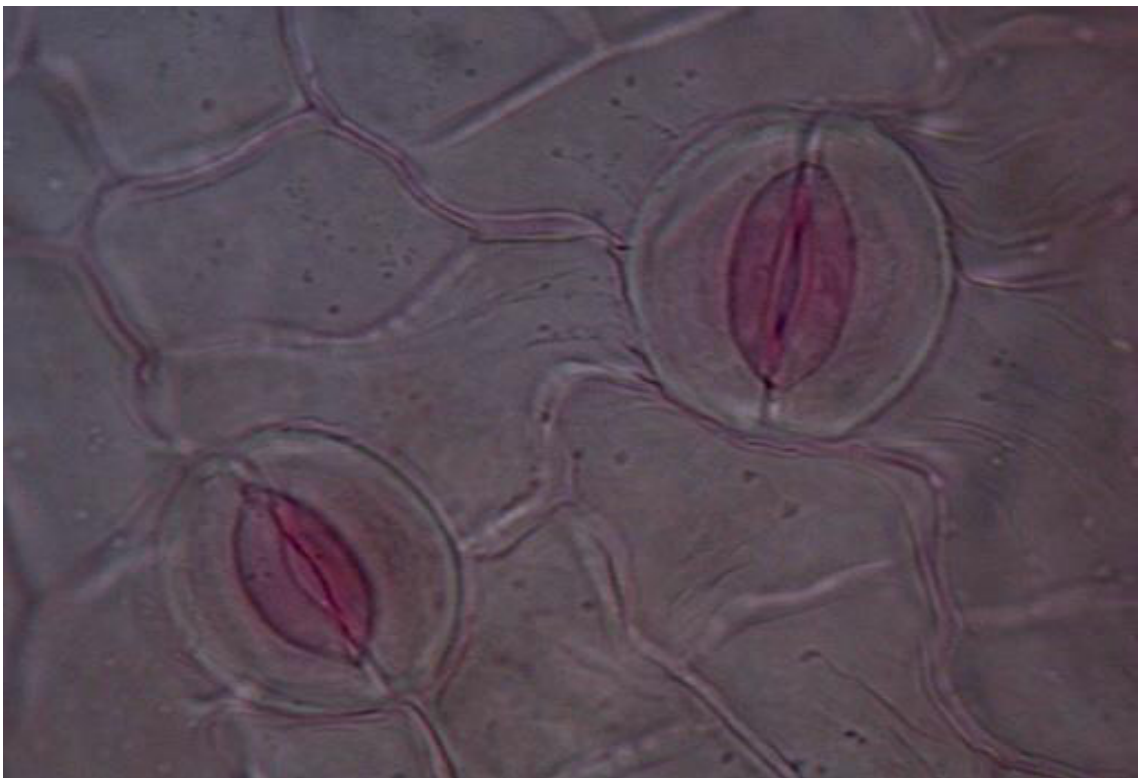


Figura 10. Estomas de tipo anomocítico de *Ranunculus weberbaueri* a 442 de aumento.

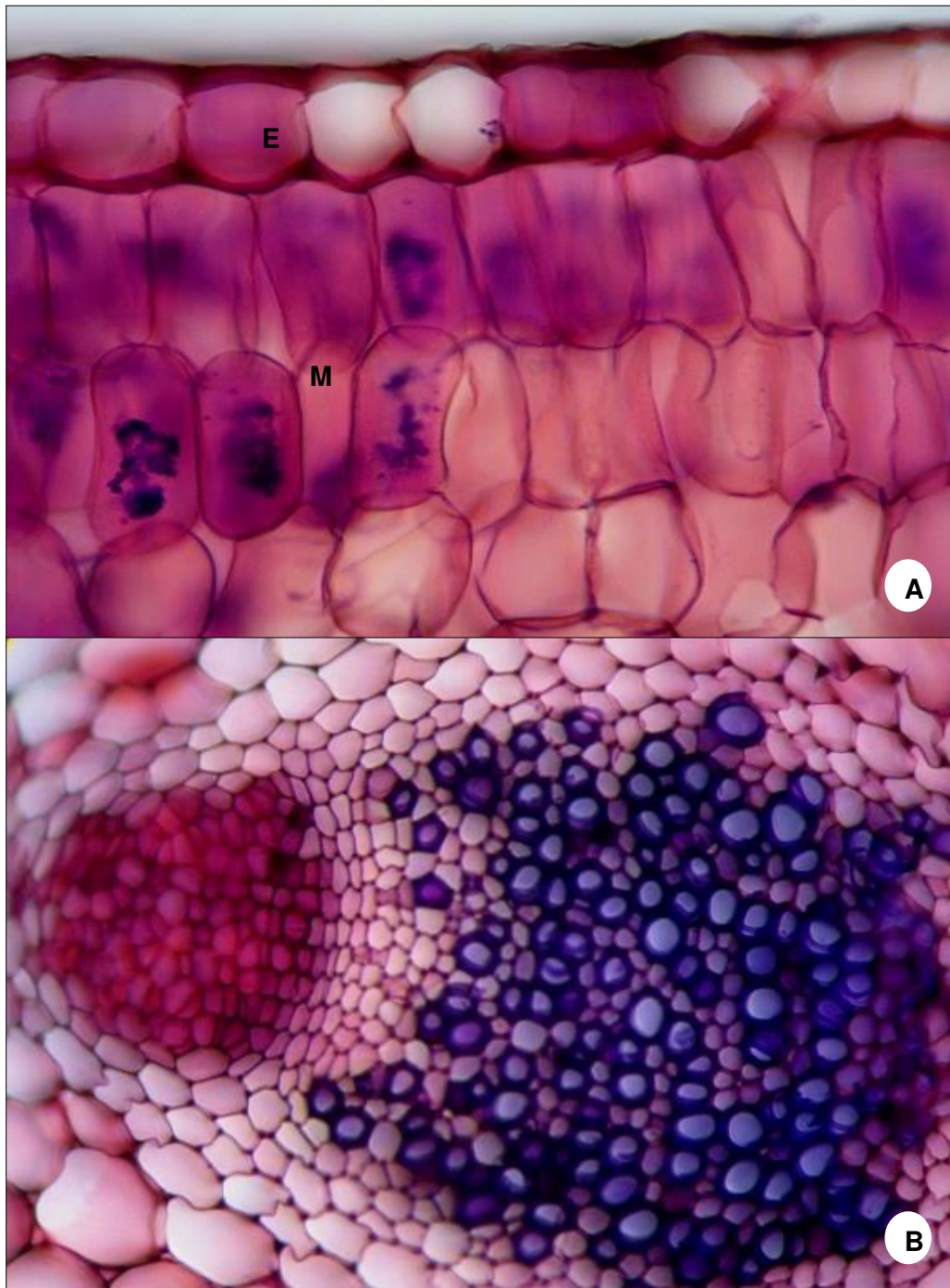


Figura 11. Corte transversal de la hoja de *Ranunculus weberbaueri*: (A) epidermis (E) mesófilo (ME) a 440 aumento y (B) haz vascular central a 432 de aumento.



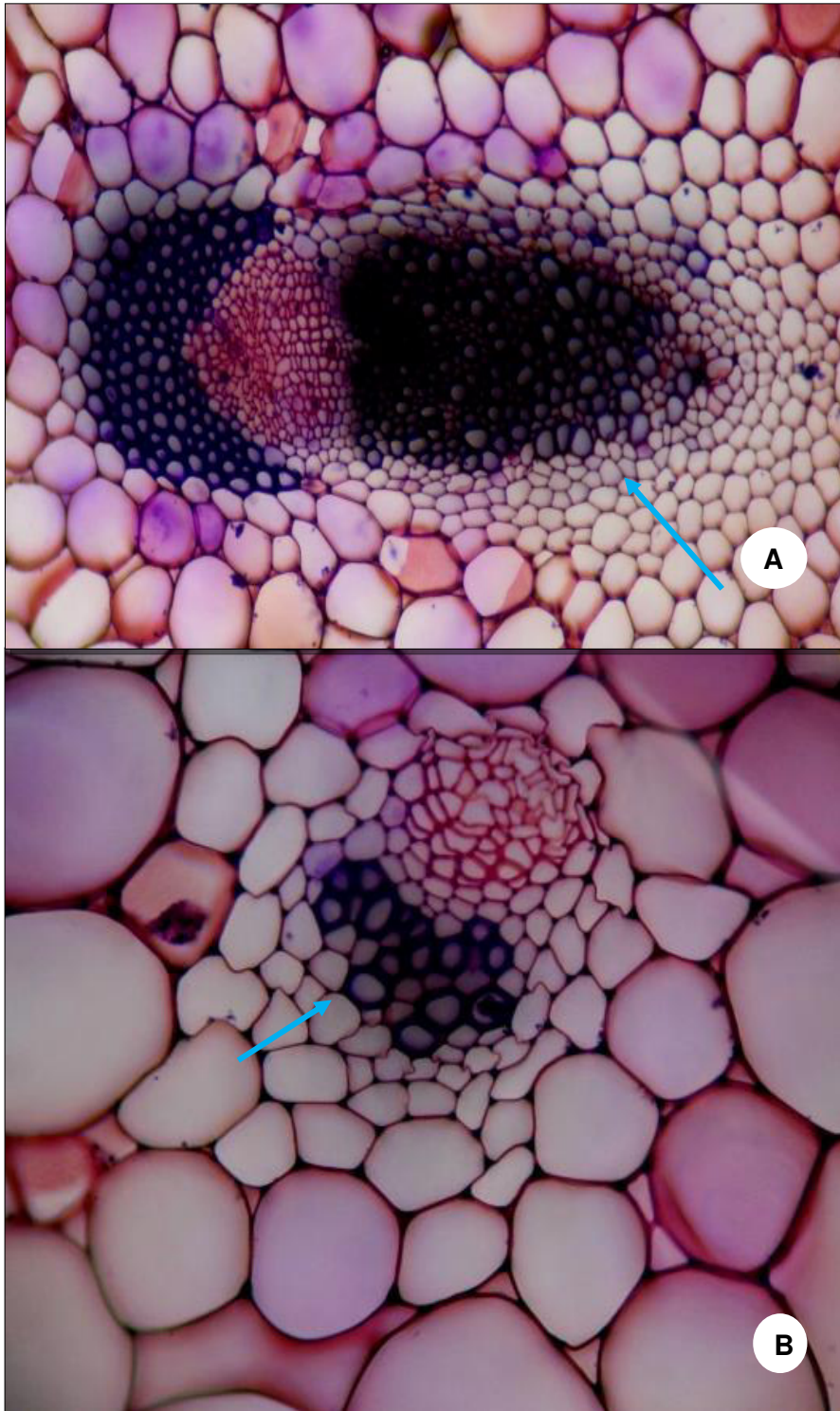


Figura 12. Corte transversal de la hoja de *Ranunculus weberbaueri*: haz vascular rodeado de parénquima incoloro indicado por la flecha (A 432 de aumento y B 440).



Figura 13. Variedad de colores, de las flores de *Ranunculus weberbaueri*.





Figura 14. Ginóforo de *Ranunculus weberbaueri*.



Figura 15. Aquenios de *Ranunculus weberbaueri*.

### **5.1.2. *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris**

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Gentianaceae

Tribu: Gentianeae

Género: *Gentianella*

Especie: *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris

Nombre común: “puka-shagapa”

Hierba endémica del Perú, bianual y monocárpica que crece en pajonales y áreas rocosas asociados con pajonal con suelos ligeramente húmedos, cubiertos de musgos y líquenes. Sus flores son de colores rojo oscuro y pendulares, con inflorescencia cimosas de aspecto piramidal, tallo cuadrangular con nudos y entrenudos, se encuentran sometidas a condiciones muy variables como presencia de granizo, heladas y nevada (Figura 16 A y B).

#### **A. RAÍZ**

**Morfología.** De consistencia herbácea, pivotante de 2-8 raíces por planta con 8-15 cm longitud y 5-19 mm de diámetro en la parte más gruesa, formado a continuación del tallo subterráneo.

**Histología.** Las raíces presentan desarrollo secundario, con epidermis pluriestratificada conformada por células grandes (Figura 17 A) suberificada de 94 µm. Por debajo se ubica el córtex con células parenquimáticas de tamaños homogéneos ordenadas en hileras radiales y con escasos espacios intercelulares, con agrupaciones pequeñas de células floemáticas distribuidos de forma desordenada por todo el córtex, continuado por células cambiales (Figura 17 B). No se observa un estrato celular especializado que delimite el córtex y el cilindro vascular.

El cilindro central presenta un sistema vascular continuo formando una red circular de haces conductores de tipo colateral. Según la posición de xilema y floema se clasifica como una sifonostela ectofloica. Continuado por parénquima medular sin espacios intercelulares acompañado de células metaxilemáticos por todo el perímetro (Figura 18).

## **B. TALLO VEGETATIVO SUBTERRANEO**

**Morfología.** Presenta consistencia herbácea de 10-15 cm longitud y 15-30 mm de diámetro con entrenudos muy cortos.

**Histología.** Tiene un desarrollo secundario, la epidermis, pluriestratificada conformada por células grandes alargadas con cutícula de 118  $\mu\text{m}$ . Continuado por el córtex, con células de forma isodiamétricas de paredes delgadas ordenadas en forma radial y acompañado de pequeñas agrupaciones de células floemáticas por todo el perímetro del cilindro del córtex, seguido por cambium vascular. El cilindro vascular es un sistema vascular continuo que forma una red circular de haces conductores de tipo colateral abierto, con disposición de haces vasculares en forma radial. El floema es un sistema vascular disperso que se distribuye por todo el córtex, en pequeños grupos acompañado de células parenquimáticas, ordenadas en forma radial hasta protoxilema. A continuación se ubica xilema que se encuentra formando una red de anillo continuo de tejidos bien desarrollados, conformado por vasos protoxilemáticos que ocupa la posición interna y los vasos metaxilemáticos la posición externa, se encuentran dispersos por todo el perímetro medular acompañado por parénquima xilemático con paredes delgadas sin espacios intercelulares. La médula está conformada por tejidos parenquimáticos de células grandes, de paredes delgadas, con grandes espacios intercelulares.

### C. TALLO FLORÍFERO

**Morfología.** Presenta un hábito herbáceo de forma cuadrangular, alcanzando de 30-70 cm de longitud con entrenudos de 12 cm de largo y 14 mm ancho también presenta en promedio 23 ramas por planta.

**Histología.** Es de desarrollo primario, la epidermis uniestratificada con células grandes externamente presenta cutícula gruesa de 138  $\mu\text{m}$ . Seguido por colénquima angular, a continuación se ubica el córtex, que es amplio con células grandes de paredes delgadas y con espacios intercelulares, continuado por parénquima incoloro (Figura 19 A). El cilindro vascular, presenta un sistema continuo de haces vasculares de tipo bicolateral que forman un anillo. El floema externo se encuentra agrupado en pequeños grupos cercanos a metaxilema, acompañado de parénquimas floemáticas. A continuación se ubica xilema formando un anillo, conformado por vasos metaxilemáticos y protoxilemáticos con paredes celulares bien desarrollados y parénquima xilemático. Mientras que el floema interno se presenta en bandas a continuación de las células de parénquima xilemático, no tiene un contacto íntimo con el lado interno del xilema, aparentemente se diferencia a partir de células parenquimáticas parcialmente diferenciadas, se encuentra acompañado por células de parénquima medular con espacios intercelulares (Figura 19 B). La médula está conformada por tejido parenquimático de células grandes, de paredes delgadas, con grandes espacios intercelulares.

### D. HOJA

**Morfología.** Las hojas son grandes de color verde claro, lineares, glabras, y lustrosas. Están dispuestas basalmente en verticilos y así como en cada nudo del tallo florífero; tienen una longitud promedio de 10-15 cm. El número de hojas por planta en floración es en promedio de 204 y con estimación del área foliar de 178.58  $\text{cm}^2$ .



**Histología.** En los cortes superficiales las células estomáticas se disponen de manera desordenada rodeada mayormente de tres y ocasionalmente por cuatro células anexas, que difieren en tamaño uno es más pequeño que el resto de las células epidérmicas, por lo que corresponde estoma de tipo anisocítico (Figura 20). La densidad estomática en el haz es de 45 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 11% y 3597 células epidérmicas, mientras que en el envés 40 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 9%, con 3867 células epidérmicas y densidad estomático de 33 estomas/mm<sup>2</sup> en el envés de cáliz (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad e índice estomático de *Gentianella weberbaueri*, a 40X

	<b>Haz</b>	<b>Envés</b>
<b>Número de estomas en hojas</b>	438	392
<b>Número de células epidérmicas</b>	3597	3867
<b>Índice estomático (%)</b>	11	9
<b>Densidad de estomas (mm<sup>2</sup>) en hojas</b>	45	40
<b>Número de estomas en cáliz</b>	0	163
<b>Densidad de estomas (mm<sup>2</sup>) en cáliz</b>	0	33

En los cortes transversales, la epidermis es uniestratificada, que en la cara externa presenta gruesa capa cuticular de 120 µm de diámetro tanto en la superficie adaxial y abaxial. Las células epidérmicas son grandes, unidas estrechamente entre si, interrumpida de tramo en tramo por los aparatos estomáticos. La posición de estomas se halla un poco levantadas por encima de la superficie de las células epidérmicas, en el haz y el envés de la lámina. Seguido por varias capas de parénquima en empalizada con escasos espacios intercelulares, continuado por parénquima esponjoso con grandes espacios intercelulares (Figura 21 A). Los haces vasculares son de tipo colateral con xilema en forma de herradura, rodeado externamente por floema o de haz vascular concéntrico, llamado así porque uno de los tejidos vasculares rodea completamente al otro, cuyo es el caso de esta especie en la que el

floema rodea completamente al xilema la que correspondería a un haz concéntrico anficribal, (figura 21 B). El haz vascular central está rodeado por parénquima incoloro con células isodiamétricas que se prolonga hasta la epidermis abaxial.

## **E. CARACTERÍSTICAS FLORALES**

Las flores son de color rojo intenso a fucsia oscuro, pendulares, de posición axilares y/o terminal. El cáliz de color marrón verdoso con 36 estomas por mm<sup>2</sup> en el envés. La corola con cinco pétalos unidos en la base formando una flor tubulada (Figura 22 A).

El número de flores por planta es en promedio de 69 a 361, con gineceo sincárpico. El pistilo con ovario supero bien desarrollado alargado y que termina en un estigma de forma valvar y no presenta estilo. El pistilo en antesis, tiene una longitud de 1.1 cm con 1.8 mm de diámetro. En la flor madura es de 1.7 cm de longitud con 2.0 cm de diámetro. Mientras que en la flor senescente es de 2.7 cm de longitud con 2.3 mm de diámetro. Se obtuvo un promedio de 60 óvulos por flor.

El androceo presenta cinco estambres, dorsifijos, bitecados de color púrpura con dehiscencia longitudinal de color rosa pálido. Los filamentos miden 16 mm longitud y lateralmente poseen pelos de color rojizo. Las anteras miden 8 mm (Figura 24). Los granos de polen fértiles, tienen forma ovoidal, tricolpado con dos núcleos de posición lateral, mientras los granos no fértiles tienen son de forma ovoidal (figura 22 B).

El fruto es una cápsula que se abre por valvas (figura 23 A). Presenta un promedio de 17 semillas por fruto y 1173 semilla por planta con un diámetro promedio de 0.97 mm y son de forma lenticular y de color marrón (figura 23 B).

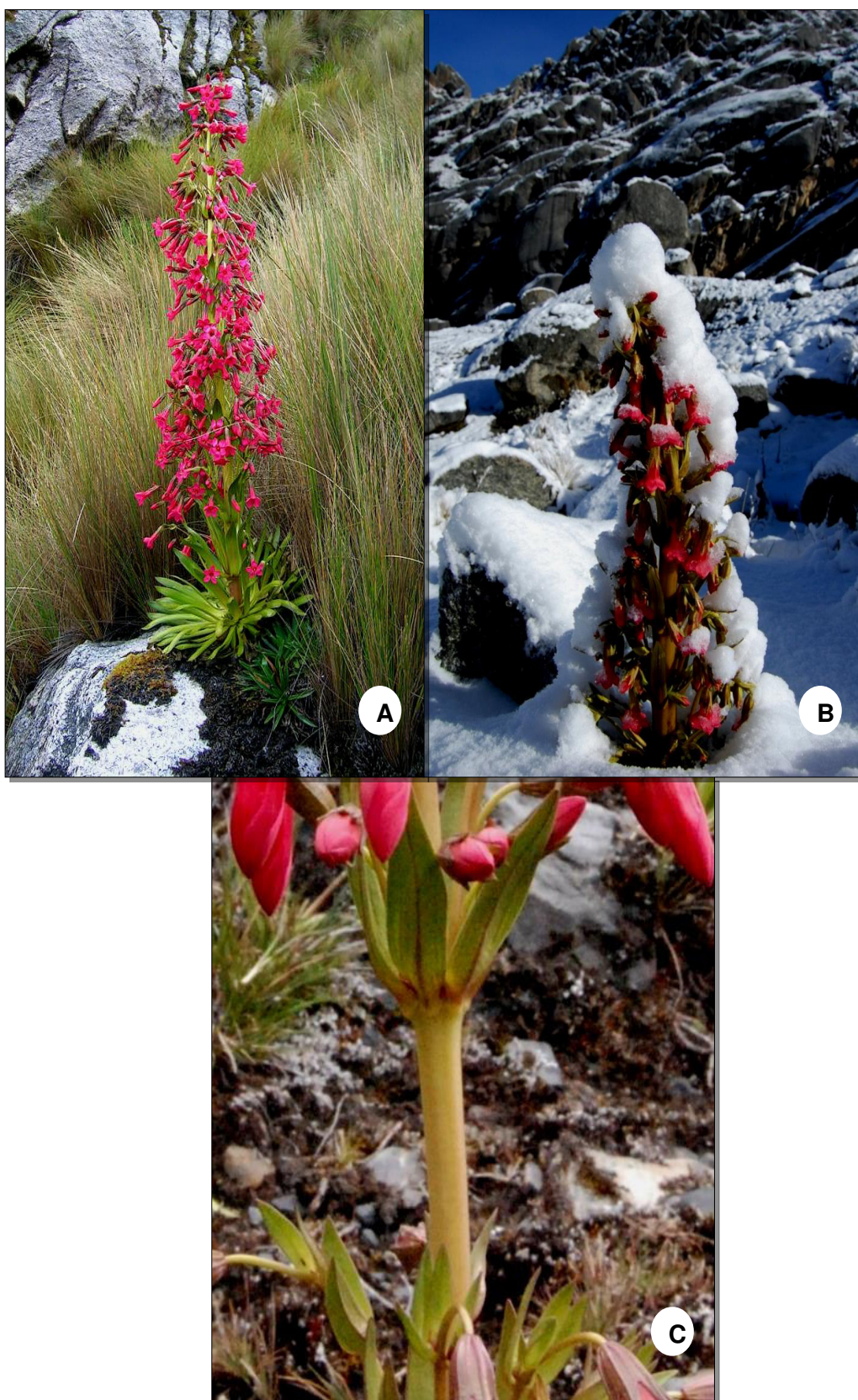


Figura 16. *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris, en su hábitat (A y B), detalles de Tallo florífero (C).



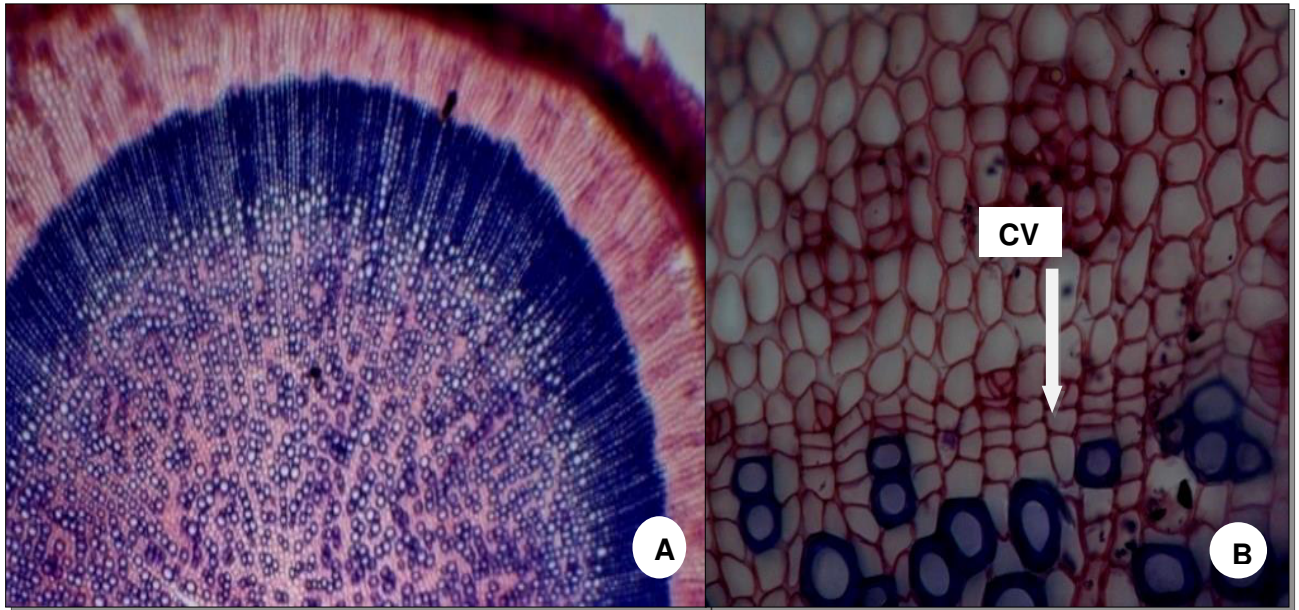


Figura 17. Corte transversal de la raíz, vista panorámica (A) y (B) mostrando cambium vascular de *Gentianella weberbaueri*.

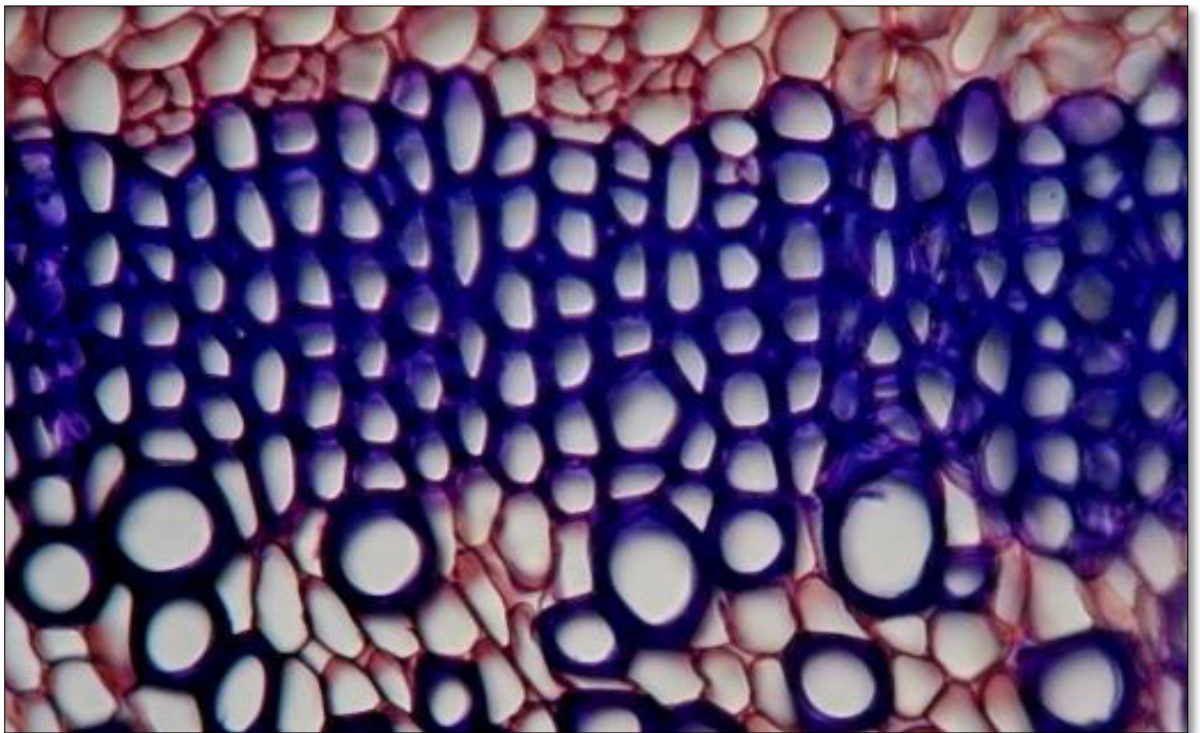


Figura 18. Detalle del (cilindro vascular) de la raíz de *Gentianella weberbaueri*.

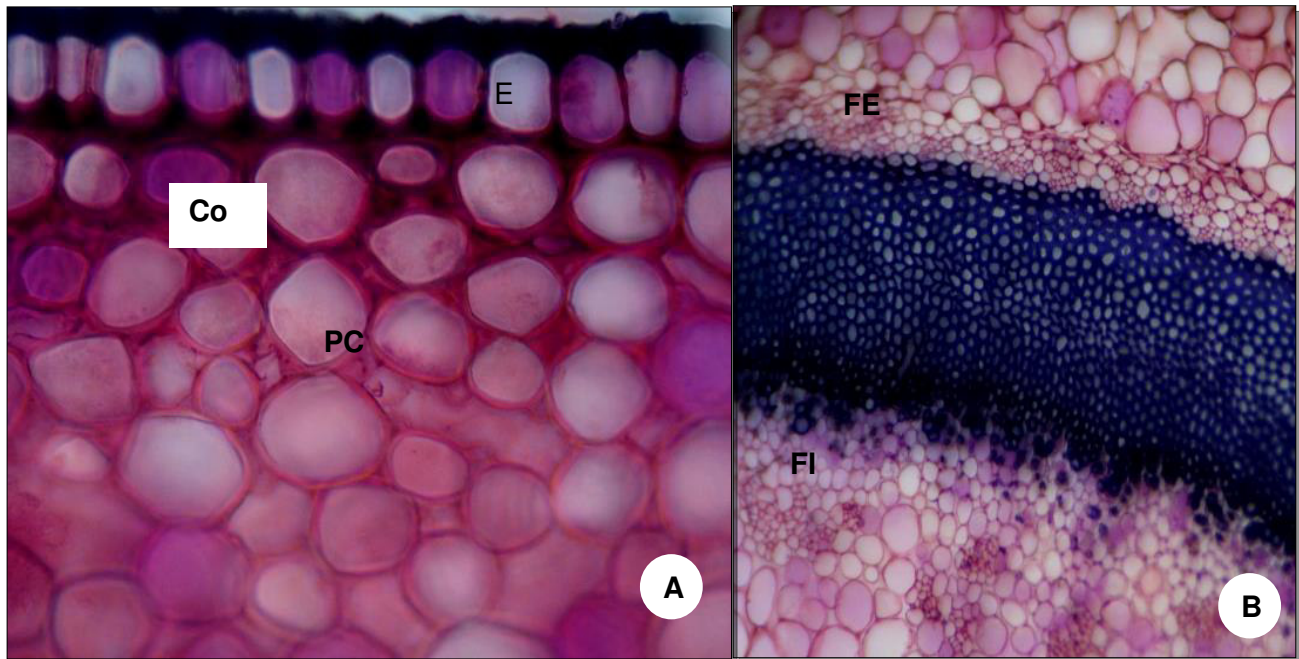


Figura 19. Corte transversal del tallo de *Gentianella weberbaueri* (A) detalles de la epidermis (E), colénquima (Co) y parénquima cortical (PC), y (B) tejido vascular floema externo (FE) e floema interno (FI).

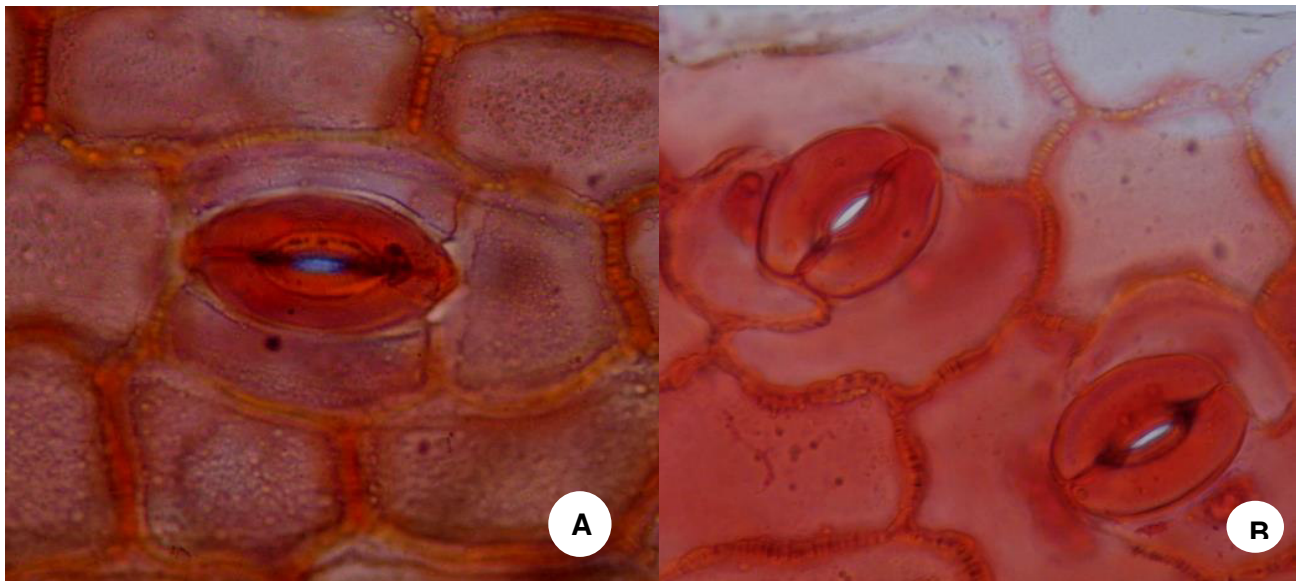


Figura 20. Estoma anisocítico del haz (A) y el envés (B) de *Gentianella weberbaueri*.



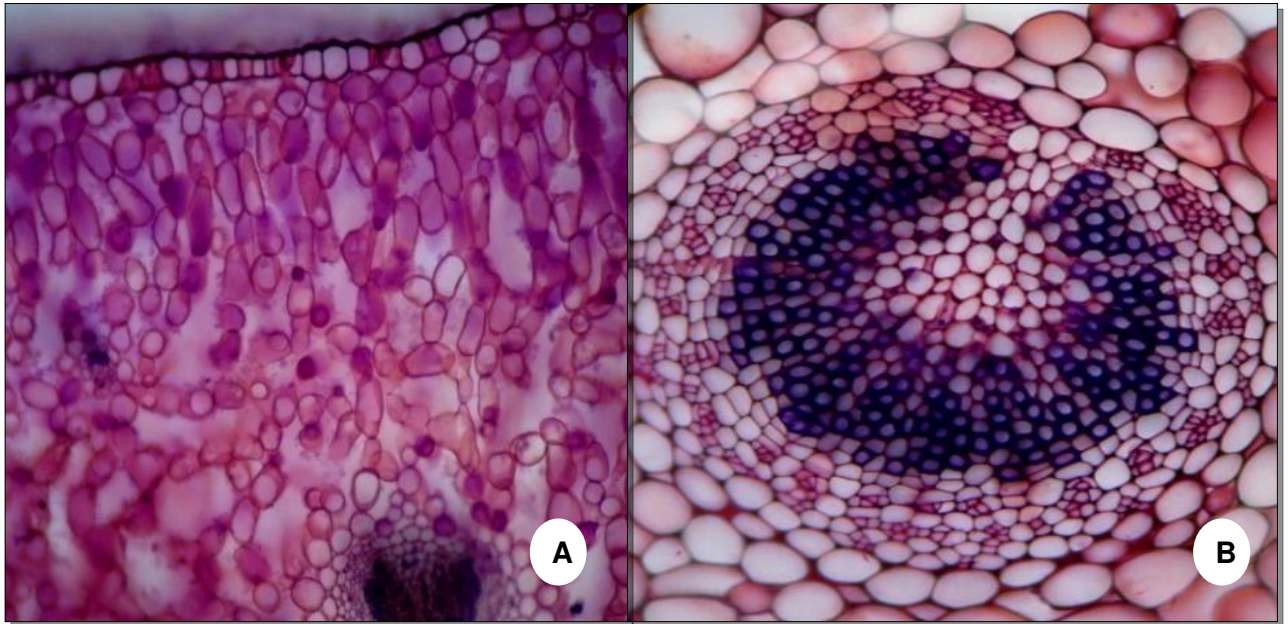


Figura 21. Corte transversal de la hoja de *Gentianella weberbaueri*: (A) vista panorámica, y (B) detalle de haz vascular, Xilema en forma de herradura.



Figura 22. Flor tubulada de *Gentianella weberbaueri* (A) y (B) ovario con estigma Valvar (O) y anteras (E).



Figura 23. Fruto: capsula (A) y semillas (B) de *Gentianella weberbaueri* (Gilg) Fabris.

### 5.1.3. *Xenophyllum dactylophyllum* (Schultz Bipontinus) V. A. Funk

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Tribu: Asteridae

Género: *Xenophyllum*

Especie: *Xenophyllum dactylophyllum* (Schultz Bipontinus) V. A. Funk

Nombre común: “boton-boton, botoncillo, cunu-cunu, cuncush, pega-pega”

Habito herbácea perenne que crece en laderas pedregosas y suelos crioturbados. Presenta tallos muy ramificados, formando almohadillados laxos. Sus hojas están dispuestas helicoidalmente cubriendo casi totalmente el tallo. Las flores dispuestas en capítulos terminales, cortamente pedunculados y con brácteas involucrales (filarias) resinosas en el envés, Presenta dos tipos de flores, las marginales son estériles, con corola liguladas blancas, son hermafroditas con corola tubulosa amarilla (Figura 24).

#### A. RAÍZ

**Morfología.** Presenta raíces adventicias, fasciculadas y de consistencia herbácea de un tamaño promedio de 8-20 cm de largo y 2.4 mm de ancho en la parte más gruesa, también posee 25 raíces por planta (Figura 25).

**Histología.** Tienen desarrollo primario con epidermis, pluriestratificada, de paredes celulares externas suberificadas de 142  $\mu\text{m}$ . Seguida por parénquima cortical constituido por células isodiametricas de paredes delgadas con escasos espacios intercelulares (Figura 26 A y B). En la zona cercana al cilindro vascular se observa un proceso de formación de cavidades esquizógenas, al parecer estos espacios dan origen a los conductos secretores que se observan en el tallo subterráneo y con más notoriedad en el tallo aéreo (Figura 27 A). También se observa una división periclinal



de algunas células parenquimática cercanas a estas cavidades. A continuación se observa la endodermis, que está conformada por células de paredes delgadas con división periclinal y banda de Caspary. El cilindro central esta delimitado por periciclo que presenta células de paredes delgadas con división periclinal y anticlinal. El floema primario se encuentra a continuación del periciclo en pequeños grupos con paredes engrosadas. Continuado por las células cambiales, que empiezan a formar elementos de xilema, el que tiene una disposición radial con siete, ocho polos protoxilemáticos, por la que se considera poliarca, continuado con los vasos del metaxilema que ocupa toda la parte central dando forma estrellado con tejidos bien desarrollados, alberga floema entre sus radios por lo que el estela es de tipo protostela actinostela (Figura 27 B).

## **B. TALLO VEGETATIVO SUBTERRÁNEO**

**Morfología.** De hábito herbáceo, nudoso, glabro con cicatrices de hojas senescentes de color marrón oscuro, muy cortos, alcanzando una longitud promedio de 2.5 cm.

**Histología.** Presenta un desarrollo primario, con epidermis pluriestratificada, de células grandes, alargadas y con 82  $\mu\text{m}$  de suberina. Por debajo se ubica el córtex que es pluriestratificado, con células grandes de paredes delgadas. Se observan grandes espacios intercelulares que daría paso a la formación de cavidades esquizógenas en el tallo aéreo, que están rodeadas por células parenquimatosas más alargadas que el resto de las células del parénquima, estas cavidades se encuentran dispuestas próximas a la endodermis. A continuación se ubica la endodermis, conformada por células grandes algo ovaladas: radialmente presenta engrosamientos cortos en la pared celular con bandas de caspary bien desarrollado. Periciclo está formado por células bastante alargadas. El cilindro vascular es discontinuo, con haces conductores de tipo colateral abierto. El tipo de estela es una sifonostela ectofloica, en el que el floema sólo rodea al xilema externamente. Cerca al periciclo se encuentra floema,

continuado por xilema en seis fascículos conformado en gran parte por vasos metaxilemáticos, terminando con parénquima xilemático de forma isodiamétricas con paredes delgadas. El parénquima medular conformado por células grandes, de paredes delgadas con abundantes espacios intercelulares.

### **C. TALLO FLORÍFERO**

**Morfología.** De hábito herbáceo, nudoso, glabro, áspero con cicatrices de hojas senescentes. Tiene un color marrón-verdoso, con entrenudos abundantes y muy cortos; con 6.4 cm longitud promedio y 35 ramas por planta (Figura 28).

**Histología.** Presenta desarrollo primario con epidermis pluriestratificada de células alargadas y con cutícula gruesa de 48  $\mu\text{m}$ . Continuado por el córtex, con células grandes, de paredes delgadas; y que dejan espacios intercelulares entre si. Se encuentran las cavidades esquizógenas antes de la endodermis poco diferenciada, separada por uno a dos capas de células parenquimáticas alargados (Figura 29 A y B). Las cavidades esquizógenas presentan aceites, que se reconocen por la coloración roja intensa con sudan IV. La endodermis poco definida presenta bandas de caspary bien desarrolladas y el periciclo conformado por células bastante irregulares (Figura 30). El tejido conductor presenta un sistema vascular discontinuo formando ocho fascículos de haces colaterales. La estela es de tipo sifonostela ectofloica donde se observa floema cerca al periciclo, posterior a ello encontramos al xilema que se presenta en fascículos conformado por vasos metaxilemáticos, con paredes celulares bien desarrollados, continuado por parénquima xilemático de forma isodiamétricas con paredes delgadas. Terminando en parénquima medular conformado por células grandes, con paredes delgadas y abundantes espacios intercelulares.

#### D. HOJA

**Morfología.** Presentan hojas sésiles, palmatihendidas, carnosas y de color verde claro. Contienen un longitud promedio de 8.7 mm (lámina y vaina), con 805 hojas por planta en promedio. Presenta tricomas sedosos, largos y dispersos tanto en el haz como en el envés que se encuentran protegiendo las hojas tiernas; los tricomas son simples. Presenta una estimación de área foliar de 216/cm<sup>2</sup>.

**Histología:** En los cortes superficiales presenta células estomáticas que se disponen de manera desordenada, rodeadas de 4 a 7 células anexas que no difieren en forma ni tamaño de las restantes células epidérmicas. Las estomas son de tipo anomocítico (Figura 31). La densidad es de 54 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice de 3% en el haz y 16158 células epidérmicas, mientras que en el envés presenta 41 estomas/mm<sup>2</sup>, con 2.7% de índice estomático y 15091 células epidérmicas (Tabla 3).

Tabla 3. Densidad e índice estomático de *Xenophyllum dactylophyllum*, a 40X

	Haz	Envés
Número de estomas	525	401
Número de células epidérmicas	16158	15091
Índice estomático (%)	3	2.6
Densidad de estomas (mm <sup>2</sup> )	54	41

En cortes transversales presentan, estructura equifacial. La epidermis está conformada por células de forma casi rectangulares, cubiertas por una gruesa capa de cutícula de 85 µm. Las estomas se hallan hundidas por debajo de las células epidérmicas, tanto en haz como en el envés.

En el mesófilo, el parénquima clorofiliano está conformado por células alargadas con grandes espacios intercelulares que corresponde a parénquima esponjoso que se

encuentra distribuido por todo el mesófilo (Figura 32 A). Los haces vasculares, se ubican enfrentando el haz de la lámina, son de tipo colateral y se distribuyen a lo largo de la parte media del mesófilo. El xilema distribuido en pequeños grupos, continuado por floema que se agrupan en pequeños grupos. Las cavidades esquizógenas que enfrenta al envés de la lámina, presentan aceites, visibles con Sudan IV igual que el tallo aéreo (Figura 32 B).

## **E. CARACTERÍSTICAS FLORALES**

Presenta capítulos terminales protegidas por brácteas involucrales (filarias) resinosas, cortamente pedunculados con dos tipos de flores, con un promedio de 168 por planta. Las marginales blancas y liguladas, que poseen solo pistilos estériles y las flores del disco que son hermafroditas, de cinco pétalos amarillo unidos formando una corola tubulada; presenta cuatro estomas por mm<sup>2</sup> en el envés.

Androceo con cinco estambres, soldados por las anteras con filamentos libres (sinanterio), la longitud del filamento en promedio es de 1.5 mm y longitud de antera de 3.4 mm, de posición introrsa y con dehiscencia longitudinal. Las cinco anteras forman una larga columna por la que atraviesa el pistilo bífido con sus numerosos pelos colectores que facilitaría captar la mayor cantidad de granos de polen al momento de la dehiscencia de los estambres y posiblemente a la polinización.

Gineceo sincárpico, con ovario ínfero unilocular e uniovular; con 168 óvulos en promedio por planta y el estilo largo que termina en un estigma bífido, con numerosos pelos colectores.

El fruto es un aquenio con vilano, con diámetro promedio de 0.44 mm, alberga una sola semilla, con un total de 168 por planta (figura 33), lo que representa una estimación de fertilización efectiva de 100%.



Figura 24. *Xenophyllum dactylophyllum* (Sch. Bip.) V.A. Funk, en hábitat (A y B).



Figura 25. Raíces fasciculadas-adventicia de *Xenophyllum dactylophyllum*.



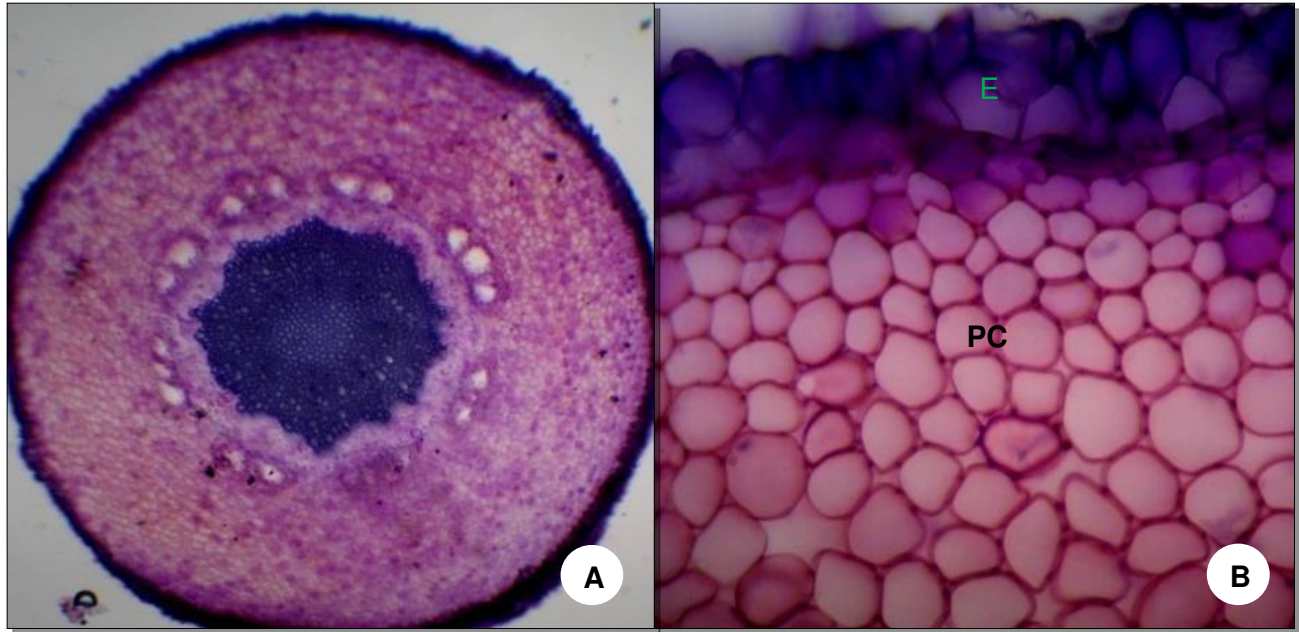


Figura 26. Corte transversal de la raíz de *Xenophyllum dactylophyllum*: (A) vista panorámica y (B) detalle de epidermis (E), parénquima cortical (PC).

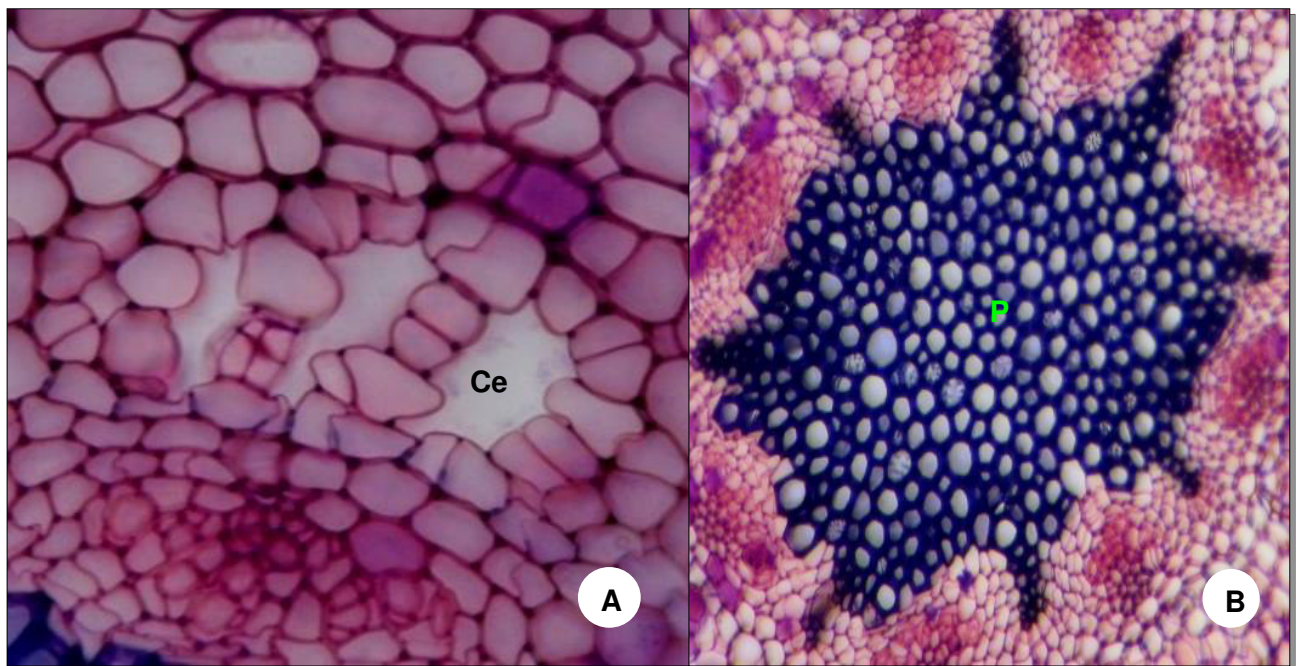


Figura 27. Corte transversal de la raíz de *Xenophyllum dactylophyllum*: (A) formación de cavidad esquizógena (Ce) y (B) protostela (Po).





Figura 28. Tallo aéreo, con numerosos entrenudos y resto de hojas de *Xenophyllum dactylophyllum*.

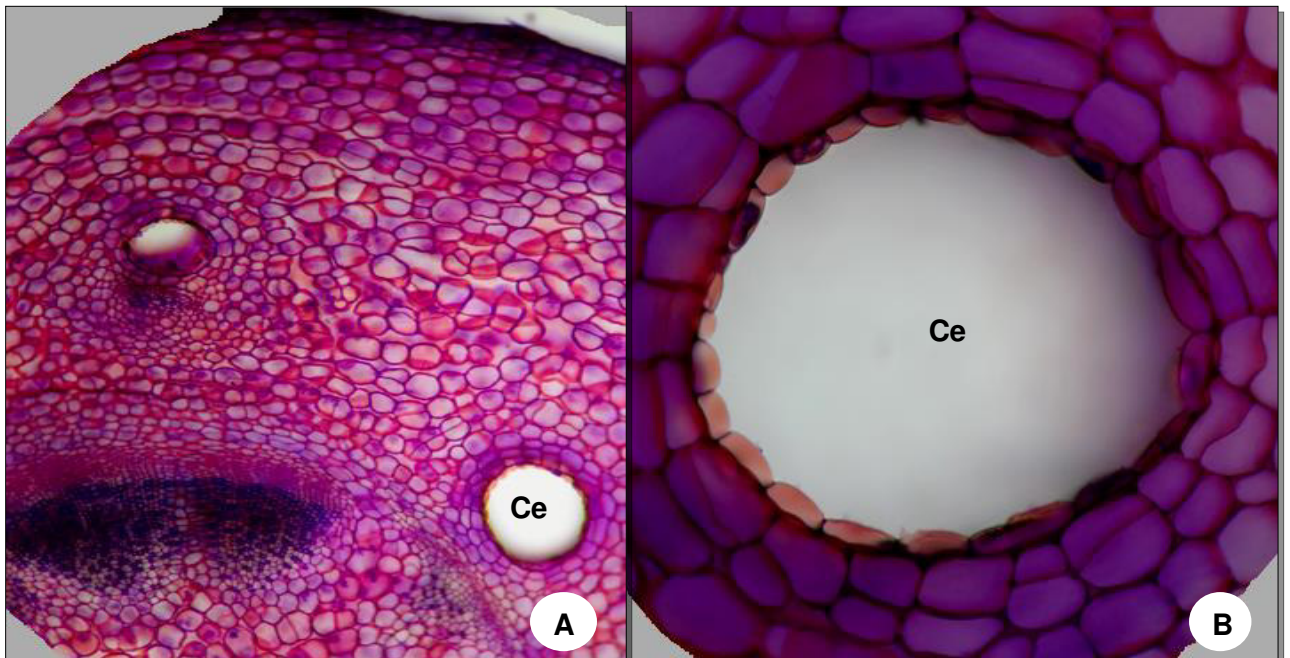


Figura 29. Corte transversal del tallo aéreo de *Xenophyllum dactylophyllum*: vista general y (B) detalle de cavidad esquizógena (Ce).

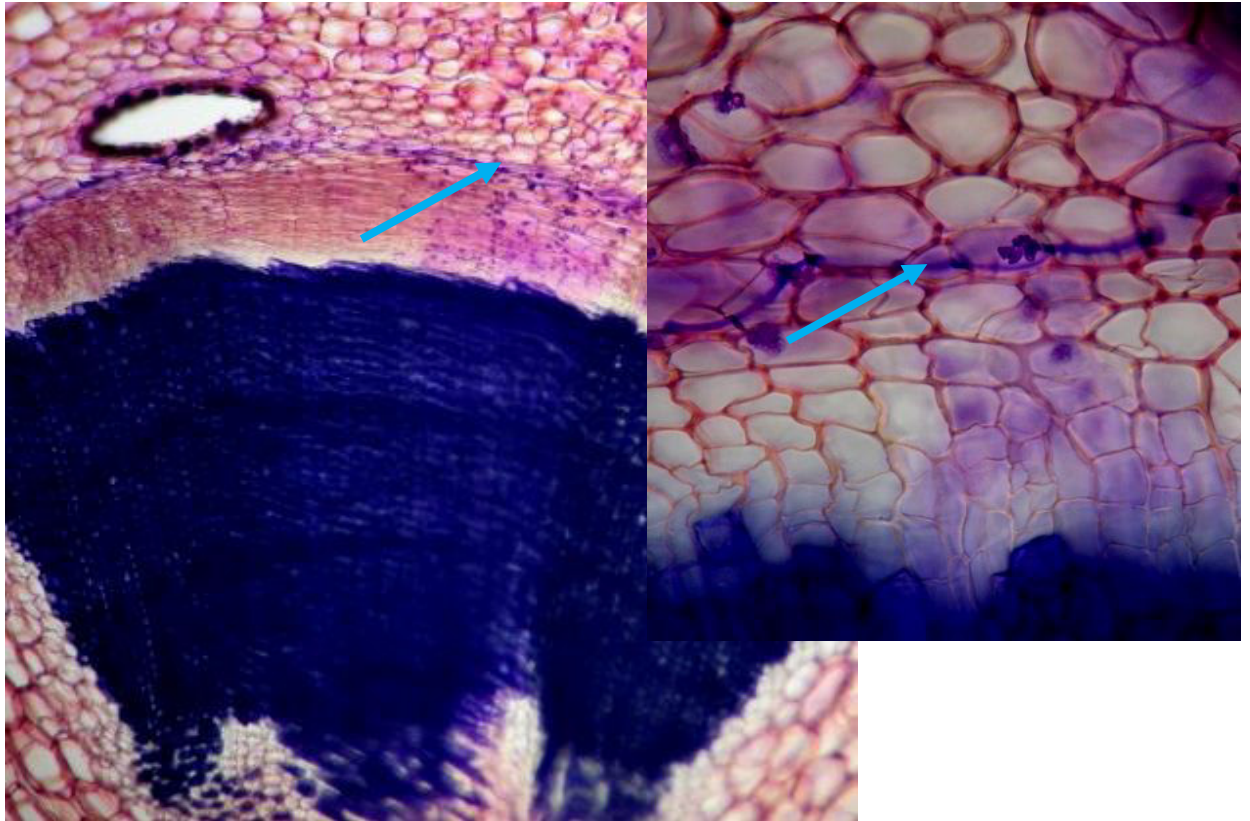
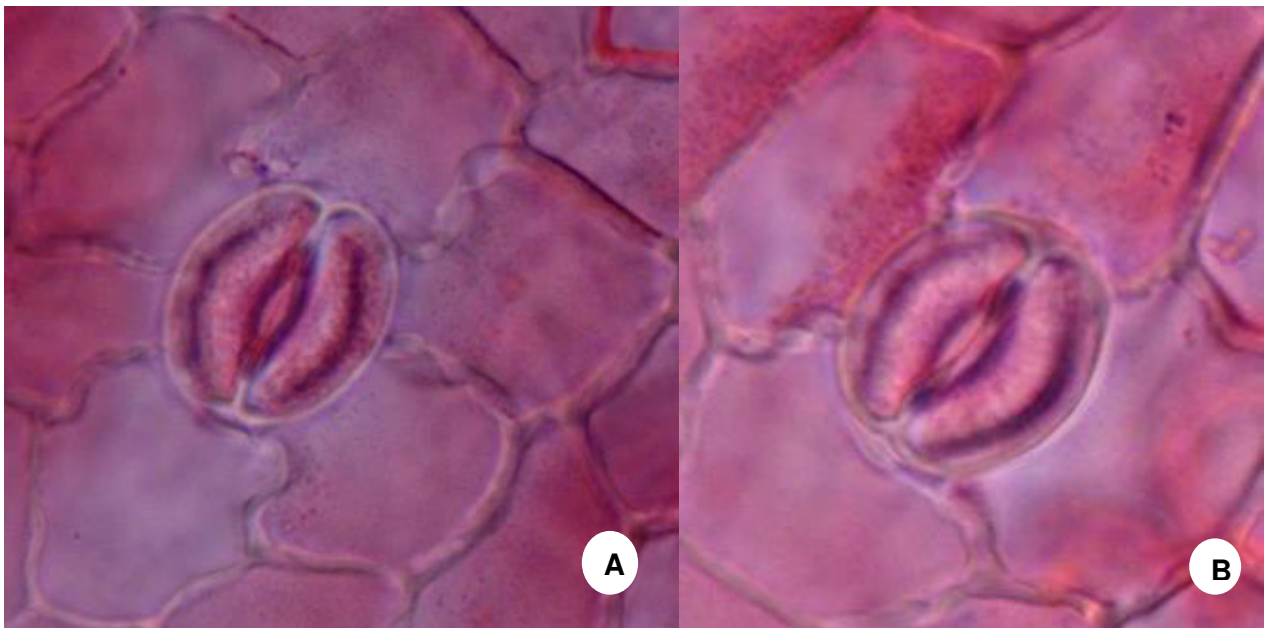


Figura 30. Corte transversal del tallo aéreo de *Xenophyllum dactylophyllum*: Detalles de banda de caspary, indicado por la flecha.



**Figura 31.** Estoma de tipo anomocítico del haz y envés de *Xenophyllum dactylophyllum*.



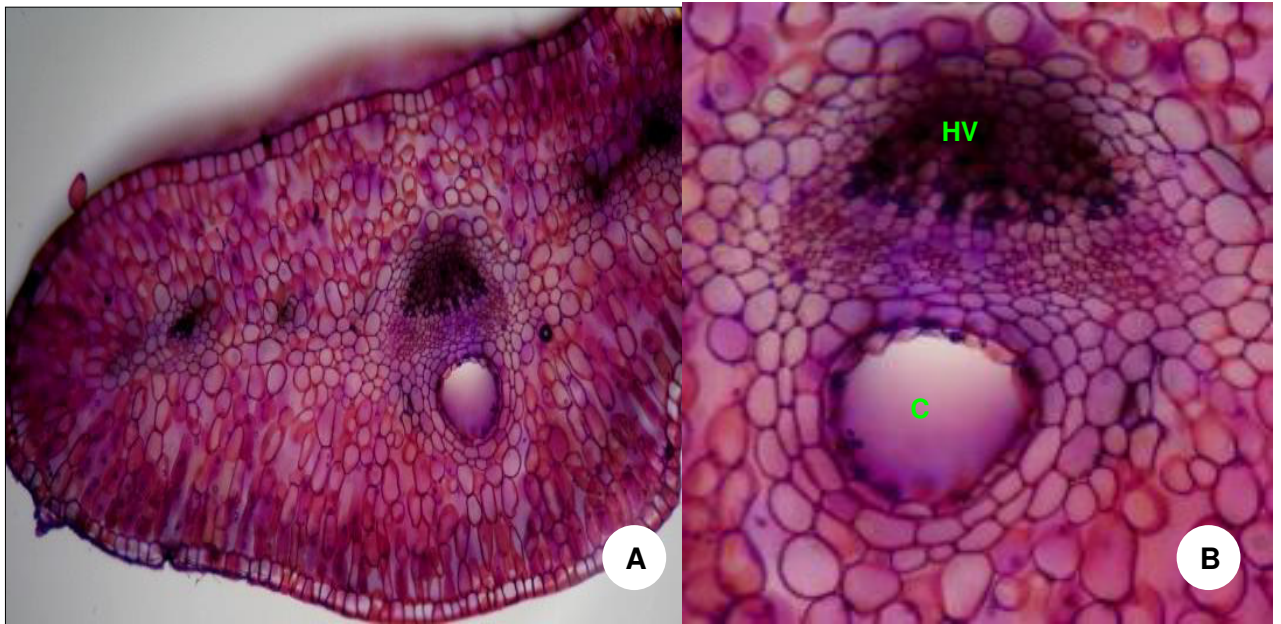


Figura 32. Corte transversal de la hoja de *Xenophyllum dactylophyllum*: vista panorámica (A) y (B) detalle de cavidad esquizógena (Ce) y haz vascular (HV).

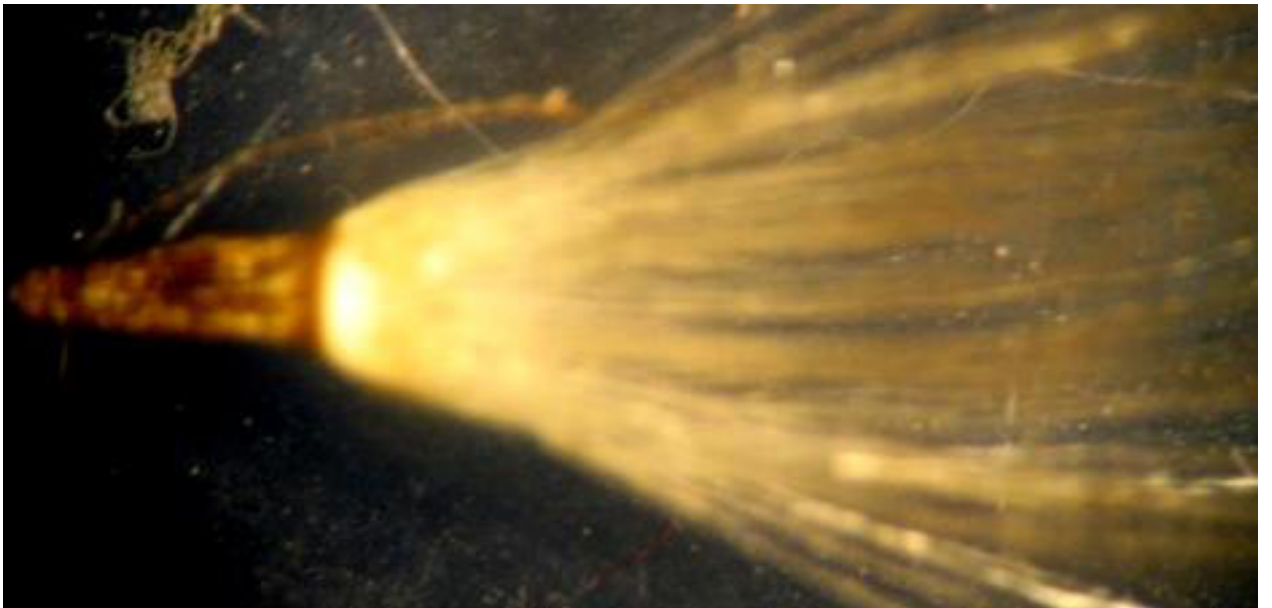


Figura 33. Fruto: Un aquenio plumoso de *Xenophyllum dactylophyllum*.

## VI. DISCUSIÓN.

Los estudios morfo-histológicos de plantas altoandinas en el Perú, son escasos como de (Olivera et al., 2008), Tamariz y Flores (1999) y Pavlich y Tovar (1977). Por lo que los resultados de este estudio pretenden ser una contribución importante para un mejor entendimiento de las adaptaciones de las plantas de altos Andes.

Si bien el énfasis de este estudio ha sido el estudio histológico, que es el primero que sea realiza para las tres especies, también se realiza aportes importantes en lo referente a la morfología. Así por ejemplo, Macbride (1937), indica para *Ranunculus weberbaueri*, una breve descripción mencionando caracteres como: que presenta hojas gruesas, ligeramente dentadas, glabras, tallos erectos con 1-3 hojas muy reducidos, flores terminales solitarias con pétalos de color rosado que termina en una uña de 1-2 cm de largo. En este estudio se aporta mas información sobre caracteres morfológicos tales como: tipo, tamaño y número promedio de raíz por planta, características del tallo vegetativo subterráneo y florífero, detalles de hojas (forma, color, tamaño, presencia de tricomas), así como la estimación de área foliar. En flores se muestra variedad de tonalidades (no se encontró el color rosado como menciona el autor), tamaño de sépalos, pétalos, escamas con glándulas nectaríferas, número promedio de estambres (300), pistilos (442), óvulos (1015), aquenios (769) por flor y fertilización efectiva (76%).

En el caso de *Gentianella weberbaueri* (Macbride, 1937), describe algunos caracteres, como: planta solitario de tallo perenne, con raíz gruesa no ramificado, hojas lineales o estrechamente lanceolados, carnosas, con 3 nervaduras de 10-14 cm de largo, 5-6 cm de ancho, flores numerosas, se ubican en la punta del tallo principal así como en las ramificaciones en grupos de 2-3 flores tubulares. Los resultados del estudio suman a estas descripciones caracteres tales como: tipo, tamaño y número de raíz, entrenudos en tallo vegetativo y subterráneo, tallo florífero (tamaño, forma, diámetro y número de

ramas), hojas (número y estimación de área foliar), número promedio de flores (69-361), estambres, pistilos y óvulos (60) por flor. Número de semillas por fruto y por planta (17, 1173). No es una planta perenne como dice el autor, mas bien se trata de una planta bianual y monocárpica.

Mientras para *Xenophyllum dactylophyllum*, los caracteres descritos (Funk, 1997) son: rizoma largo, hojas imbricadas de 12 mm de largo, trilobado, carnosos y con una nervadura, las flores tubulosas hermafroditas de 7 mm de largo. Con el presente estudio también se realizan aportes nuevos en caracteres morfológico entre los que podemos indicar: tipo, tamaño y número (25) de raíces, descripción de tallo vegetativo subterráneo y aéreo, hojas (color, tamaño de 8.7 mm, número promedio) y estimación de área foliar. Características florales y promedio de flores, óvulos y frutos por planta el tamaño de las hojas encontradas es menor de lo indicado por el autor.

Las condiciones climáticas de la zona altoandina, con grandes fluctuaciones térmicas y de precipitación así como valores extremos de los mismos permiten a las plantas orientar sus adaptaciones en sentido de protección del frío y evitar la excesiva transpiración Pavlich y Tovar (1977). Los caracteres morfológicos como porte bajo con escasa cobertura vegetal e histológicos como cutícula gruesa, mesófilo desarrollado encontradas en las tres especies, concuerdan lo mencionado por los autores ya que las adaptaciones que presentan las especies están en relación al medio ambiente en la que se encuentran.

Según (García, et al., 2008) las plantas de ecosistemas altoandinos presentan características propias, tales como: hojas mayormente pequeños con disposición en roseta, angostas para defenderse de la deshidratación, y raíces profundas. Estas características les permiten hacer frente a las condiciones climáticas adversas, tales

como condiciones extremas de temperatura entre día y noche, heladas frecuentes, intensa radiación solar, sequía y suelos fríos. De acuerdo a los resultados obtenidos, *X. dactylophyllum*, posee numerosas hojas pequeñas con disposición en roseta, *G. weberbaueri* hojas angostas y raíces profundas igual que *R. weberbaueri*, tales características son adaptaciones propias de plantas altoandinas, mencionadas por el autor.

Los climas altoandinos influyen en las modificaciones estructurales de las plantas, como el aumento en volumen de las partes subterráneos, el acortamiento de los entrenudos según (Ancibor, 1959). En los tres especies estudiadas se observó que los tallos subterráneos presentan numerosos nudos, con entrenudos muy cortos, protegida por restos de hojas y vainas membranáceos senescentes donde se originan las raíces adventicias carnosas, hojas y tallos floríferos anuales o bianuales. Estas características permitirían protegerse del frío y también para conservar la escasa humedad Pavlich y Tovar (1977).

Según (Fahn, 1985) las plantas xerofíticas incrementan su número de estomas y estos pueden permanecer cerrados durante la época de sequía, evitando la transpiración y pérdida de agua; según García y Medina (2008), hay incremento del número de estomas cuando aumenta la altitud, ello se debe a la disminución de la presión parcial de CO<sub>2</sub> que podría provocar una disminución en las tasas de fotosíntesis, razón por la que las plantas poseen estrategias como aumento de numero de estomas que les permiten aumentar el intercambio gaseoso; también son características propias de plantas altoandinas la presencia de estomas en el haz y envés de las hojas. En el caso de *R. weberbaueri*, *G. weberbaueri* y *X. dactylophyllum*, se observan estomas en la epidermis abaxial y adaxial de la lámina foliar y en el envés de la corola para este último especie, concordando lo mencionado por los autores.

Las estomas de *X. dactylophyllum*, se hallan hundidos por debajo de las células epidérmicas con cavidades subestomáticas amplias. Según Colmenares y Luque (2005), estas características permiten la regulación de la pérdida de agua por transpiración y favorecen la acumulación de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis. El hecho de que las estomas estén hundidas permite mantener un ambiente más húmedo y resguardado de las fluctuaciones abruptas de la temperatura en la superficie de las hojas. Además según (García *et al.*, 2008), los estomas hundidos al igual que la protección de estomas por papilas es un carácter típico de hojas xeromorfas.

*R. weberbaueri*, *X. dactylophyllum* y *G. weberbaueri*, presentan cutícula gruesa tanto en el haz como en el envés de la lámina foliar (77-120 µm). Según Colmenares y Luque (2005), la presencia de cutículas gruesas está muy relacionados con ambientes secos y pueden proteger a la hoja contra la transpiración excesiva, aumentando la resistencia a la difusión de vapor de agua de los estomas, lo cual reduce la transpiración y por lo tanto, las pérdidas de agua y además pueden funcionar como soporte mecánico contra la acción de los vientos. Según García y Medina (2008), son características propias de plantas de ecosistemas altoandinos, la presencia de cutícula engrosada. Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por Colmenares y Luque (2005), García y Medina (2008).

Las hojas de *R. weberbaueri* y *G. weberbaueri* presentan tejido empalizada de varios estratos con escasos espacios intercelulares y bien desarrollado. Según Tamariz y Flores (1999), (Andersen *et al.*, 2006) el desarrollo de tejido empalizada es propio de plantas con adaptaciones andino-xeromórficas debido a la alta eficiencia fotosintética de este tipo de células. Asimismo (Fahn, 1978) señala que la intensa iluminación y retardo en el flujo de agua debido a la deficiencia hídrica, determina el incremento del tejido en empalizada; según García y Medina, (2008), la presencia de parénquima en

empalizada en varios estratos son características propias de plantas altoandinas. Los resultados obtenidos en las dos especies concuerdan lo mencionado por los autores.

En caso de *X. dactylophyllum* presenta parénquima esponjoso con espacios intercelulares en todo el mesófilo. Según (García et al., 2008) este tipo de hojas son típicos de ambientes áridos, con alta irradiación; ya que a grandes altitudes también hay aridez por falta de disponibilidad de agua para las plantas. Además (Medina, et al., 2008) menciona que el parénquima esponjoso, caracterizado por grandes espacios intercelulares que acumulan aire, amortigua los cambios de temperatura en el ciclo diario, a la vez le proporciona rigidez a la lámina foliar.

(Fahn, 1978), menciona que el alto engrosamiento de las paredes celulares externas de la epidermis foliar es una característica xeromórfica y (García, et al., 2008), indica que el engrosamiento de las paredes celulares son características propias de plantas altoandinos. Los resultados del estudio de las tres especies concuerdan con los autores.

El estudio histológico de los tallos floríferos de *G. weberbaueri* y *R. weberbaueri* muestran que las epidermis son uniestratificadas. Probablemente sea por que viven en hábitats más protegidas, a diferencia de *X. dactylophyllum* que presenta epidermis pluriestratificada, que es de hábitats más abierto, como suelos crioturbados (Cano et al, 2010). También Tamariz y Flores (1999) mencionan que la presencia de hipodermis y de colénquima, constituyen adaptaciones en plantas de puna, para este último estructura la presencia de ello es propio de plantas que crecen bajo condiciones de fuertes vientos, así mismo el colénquima funciona como tejido mecánico en órganos maduros de plantas herbáceas. Según los resultados obtenidos *G. weberbaueri*, presenta colénquima, mientras *R. weberbaueri*, presenta hipodermis. Estos de caracteres adaptativos concuerdan con lo mencionado por los autores.

El sistema radical de *R. weberbaueri* y *X. dactylophyllum*, consta principalmente de raíces adventicias formadas a partir del tallo subterráneo. De acuerdo a los estudios histológicos las tres especies presentan la epidermis gruesa y suberificada. Según (Essau, 1959) la suberificación correspondería a las raíces que conservan su epidermis durante largo tiempo. Mientras tanto Tamariz y Flores (1999) mencionan que el engrosamiento de la epidermis y la suberificación le otorga resistencia a la pérdida de agua y también podría deberse a las condiciones frías del suelo. Además *R. weberbaueri* y *X. dactylophyllum*, no presentan crecimiento secundario, mientras la *G. weberbaueri* presenta raíz pivotante, con desarrollo secundario. Las características mencionados por los autores concuerdan con los resultados obtenidos del estudio de las especies.

Según (Fahn, 1978) la presencia de endodermis con bandas de caspary bien desarrollado es característico de plantas que crecen en hábitat extremadamente secos, mientras tanto (Rolleri, 2004) hace referencia de que las especies que crecen a grandes altitudes tienen como características propias de presentar endodermis con engrosamientos de células en la parte central de las paredes radiales en forma de "O" sin células de paso. Los resultados obtenidos concuerdan con los autores ya que *X. dactylophyllum*, presenta banda de caspary bien desarrollada, *R. weberbaueri*, con engrosamiento en forma de "O" y mientras tanto en *G. weberbaueri* no se diferencia la endodermis posiblemente por presentar estructuras histológicas secundarias.

Según (Izco, 2004), en las raíces primarias de dicotiledóneas las sustancias de reserva se acumulan en el córtex. Para *R. weberbaueri*, las sustancias de reserva se encuentra en todo el parénquima cortical, como granos de almidón. Mientras tanto en *X. dactylophyllum* y *G. weberbaueri*, no se encontró almidón como sustancia de reserva.

(Fahn, 2004) indica que el desarrollo de las paredes de los vasos xilemáticos son adaptaciones xeromórficas o de condiciones extremas. Por otro lado (Fahn, 1978) hace referencia de que el desarrollo considerable de protoxilema y metaxilema, indica una adaptación de las plantas a baja humedad, a las temperaturas inferiores a los 0°C; las raíces desarrollan más el xilema por ser el tejido conductor del agua, sales minerales que debe captar cuando las condiciones ambientales se muestran favorables. Según los resultados obtenidos, las tres especies presentan tales características, concordando con lo mencionado por (Fahn, 1978 y 2004).



## VII. CONCLUSIONES

Después de realizar el estudio morfo-histológico de *Ranunculus weberbaueri*, *Gentianella weberbaueri* y *Xenophyllum dactylophyllum*, se concluye que:

1. *Ranunculus weberbaueri*, posee raíces adventicias y carnosas; con una estimación de área foliar de 164 cm<sup>2</sup>. Flores, con promedio de 442 pistilos y 300 estambres por planta. Fruto, en promedio de 280 a 769 por planta.
2. La raíz de *R. weberbaueri*, presenta desarrollo primario, con protostela de seis y siete polos protoxilemáticos y sifonostela, con seis, ocho y nueve polos protoxilemáticos. Endodermis con engrosamientos de células en la parte central de las paredes radiales en forma de "O". Tallo subterráneo con epidermis pluriestratificada; mientras que el Tallo florífero presenta epidermis uniestratificada con presencia de hipodermis
3. La hoja de *R. weberbaueri*, presenta estomas de tipo anomocítico, con densidad estomática en haz de 45 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 10%. En el envés presenta 47 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 7%, y tricomas. Posee estructura bifacial, estomas un poco levantadas por encima de la superficie, mesófilo con varias capas de células en empalizada, haces vasculares de tipo colateral y con cutícula en tallo subterráneo 95 µm, tallo florífero 93 µm y lámina foliar 77 µm.
4. *Gentianella weberbaueri*, presenta raíz pivotante, con estimación del área foliar de 178.58 cm<sup>2</sup>. con un promedio de 69 a 361 flores y fruto con 1173 semilla por planta.
5. La raíz de *G. weberbaueri*, presentan desarrollo secundario, no se observa un estrato celular especializado que delimite el córtex y el cilindro vascular. Tallo

vegetativo subterráneo con desarrollo secundario y epidermis pluriestratificado, mientras tanto el tallo florífero es de desarrollo primario, con epidermis uniestratificado y colénquima angular.

6. La hoja de *G. weberbaueri*, presenta estoma de tipo anisocítico, con una densidad estomática en el haz de 45 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 11% y en el envés 40 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice estomático de 9% y en el envés de cáliz, la densidad es de 33 estomas/mm<sup>2</sup>. Con estructura bifacial, estomas un poco levantadas por encima de la superficie de las células epidérmicas, mesófilo con varias capas de parénquima en empalizada, haces vasculares de tipo colateral, xilema de forma de herradura y cutícula en tallo subterráneo de 118 µm, tallo florífero 138 µm y hoja 120 µm.
7. *Xenophyllum dactylophyllum*, posee raíces adventicia, fasciculada, con una estimación de área foliar de 216 cm<sup>2</sup>. con un promedio de 168 flores por planta, corola con densidad de 4 estomas/mm<sup>2</sup>. Fruto con un total de 168 por planta
8. La raíz de *X. dactylophyllum*, presenta desarrollo primario, el córtex con un proceso de formación de cavidades esquizógenas, endodermis poco diferenciado, con banda de caspary y estela de tipo protostela. Los tallos subterráneos, con epidermis pluriestratificada, córtex con grandes espacios intercelulares que posiblemente dan paso a la formación de cavidades esquizógenas, endodermis poco diferenciada con bandas de caspary, estela de tipo sifonostela igual que en tallo florífero.
9. La hoja de *X. dactylophyllum*, presenta estomas de tipo anomocítico, la densidad de 54 estomas/mm<sup>2</sup>, con índice de 3% en el haz y 41 estomas/mm<sup>2</sup>, con 2.7% de índice estomático en el envés. Presenta estructura equifacial con

estomas hundidas por debajo de las células epidérmicas, mesófilo conformado por parénquima esponjoso. La presencia de cutícula en tallo subterráneo de 82  $\mu\text{m}$ , tallo florífero 48  $\mu\text{m}$  y la hoja 85  $\mu\text{m}$ .

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ancibor, Elena. Notas sobre anatomía de *Xerodraba*. Boletín de la sociedad Argentina de Botánica. 1959, Volumen XI, Nº4.

Andersen A., Lucchini F., Moriconi J., Fernández E. Variabilidad en la morfo-anatomía foliar de *Lippia turbinata* (Verbenaceae) en la provincia de San Luis (Argentina). Oyton 2006. Vol. 75, 137-143.

Brako, Lois. & James L. Zarucchi. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 1993, 45:i–XI, 1–1286.

Bravo, José A., Vladimiro Camacho, Willy J. Rendón P. Chemical education: Estructural elucidation plicatin a and b from *Werneria dactylophylla*. Revista Boliviana de Química. 2009, Vol. 26, Nº 2, 63-76.

Cabrera A. L. Ecología vegetal de la puna. En: Colloquium Geographicum. C. Troll, H. Hahn, W. Kuls, W. Lauer (Eds.). Geo-Ecología de las Regiones Montañosas de las Américas Tropicales. 1968, Vol. 9: 91-116.

Cano Asunción, Wilfredo Mendoza, Susy Castillo, Marybel Morales, María. I.

La Torre, Héctor Aponte, Amalia Delgado, Niels Valencia y Nanette Vega. Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Rev. peru. biol.* 2010. Vol 17(1):095- 0103.

Casana Jorge, Jorge Leal-Pinedo y Ramón Casana. Inventario preliminar de la flora en las quebradas Santa Cruz y Huaripampa: Parque Nacional Huascarán, Ancash, Perú. (Lima). 2010, Vol. 8, Nº2, 244-253.

Castillo Marisol. Fotosíntesis en tres poblaciones altitudinales de la planta andina *Espeletia schultzii* (Compositae). 2006, Vol. 54 (4): 1143-1149.

Cerrate Enma. Manera de preparar plantas para un Herbario Museo de Historia Natural. Serie de Divulgación N°1, 1969.

Colmenares A. M., Fermín Rada y Luque, R. Anatomía foliar de *Polylepis sericea* Wedd. (Rosaceae) en dos altitudes en los altos andes Venezolanos. 2005, Vol 3(3): 41-48.

Cronquist Arthur. Evolution and Classification of Flowering Plants. Second Edition. The New York Botanical Garden. New York. 1988.

D'Ambrogio de Argüeso A. Manual de técnicas en histología vegetal 1era Edición. Buenos Aires. 1986, Pp 5-79.

Essau Katherine. *Anatomía Vegetal Meristemas, células y tejidos de las plantas: su estructura, función y desarrollo*. Omega, Tercera edición. 2008, Pp 179-250.

Fahn Abraham. *Anatomia Vegetal*. Pirámide. Madrid. 1985, 181-342.

Funck A. Vicky. *Xenophyllum*, a new Andean Genus Extracted From *Werneria* s.l. (Compositae: Senecioneae). 19977, Novon: 7, 235-241.

Garcia Marina, Jáuregui Damelis y Medina Ernesto. Adaptaciones anatómicas foliares en especies de angiospermas que crecen en la zona costera del estado Falcón (Venezuela) acta Bot.Venez. 2008, Vol.31 (1): 291-306).



León Blanca, José Roque, Carmen Ulloa Ulloa, Nigel Pitman, Peter M, Jorgensen y Asunción Cano (Editores). El Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú. Revista Peruana Biología. 2007, Vol. 13(número especial): 1s-971s.

Macbride J. Francis. Ranunculaceae, Flora of Peru. Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 1937. Vol.13 (2/2): 639–661.

Medina C., Sánchez D., Camayo G., Lobo M. y Martínez E. Anatomía Foliar Comparativa de Materiales de Lulo (*Solanum Quitoense* Lam.) Con y sin Espinas Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2008, Volumen 9 N°1: 5-13.

Metcalf C. and L. Chalk.. Anatomy of the Dicotyledons. Oxford university Press, New Irle. 1979, Vol. I, Pp 276.

Molina Montenegro, M. A. Variación de la Pubescencia Foliar en Plantas y sus Implicaciones Funcionales a lo Largo de Gradientes Altitudinales. Ecosistemas 2008, Vol.17 (1): 146-154.

Molina Montenegro M. A., Ernesto I. B., Patricia I. y Lohengrin A. C. Intercambio Gaseoso en Dos Especies de Plantas Alto andinas de Chile Central: efecto de la Asociación a plantas en Cojín. Ecología Austral. 2005 Vol. 15: 49-58.

Olivera Percy, Carmen Tamariz y Maximiliano Choy. Morfo-anatomía de *Perezia coerulescens* Wedd. (Asteraceae). Arnaldoa. 2008, Vol. 15(2): 255-261.

Pavlich, Magdalena y Oscar Tovar. Ecomorfología de Algunas Plantas de la Puna del Perú Central; Separata de archivos de Biología andina. 1977, Vol. 7.

Rolleri, Cristina y Prada, Carmen. Endodermis foliares en el género *Isoetes* L. (Isoetaceae). *Acta Botánica Malacitana*. 2004, Vol. 29: 191-201

Smith, Alan. P. y Young, Truman P. Tropical alpine plant ecology. *Rev. Ecol. Syst.* 1987. 22:177-191.

Tamariz C. y Flores, M. Estudio Anatómico de Plantas Altoandinas. Adaptaciones Morfoanatómicas de *Senecio subletectens* Cuatrecasas. *Arnaldoa*. 1999, Vol. 6(1) 75-85.

Ulloa Ulloa, C., J. L. Zarucchi y Blanca León. Diez años de adiciones a la Flora del Perú: 1993-2003. *Arnaldoa* (Edición Especial) 200. 41-242.

Vilela A. Palacios R. 1995. Anatomía foliar de *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoideae) II. Estrategias adaptativas en *Prosopis Ruscifolia*. *Arnaldoa* Vol. 3(1): 19-28.

Wilkinson H. The plant surface (mainly leaf). In: C.R Metcalfe y Chalk (eds.). *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford Clarendon Press. London 1979. Pp. 97-165.